sn. ComptesRendus , Des Séances de l'Académie des Sciences. 1941.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

PARIS. — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT A UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS.

TOME DEUX CENT-TREIZIÈME.

JUILLET — DÉCEMBRE 1941.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

Quai des Grands-Augustins, 55.

1941

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 7 JUILLET 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 16 juillet au lieu du lundi 14, jour férié légal.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une décomposition canonique des opérateurs linéaires bornés de l'espace hilbertien et sur leur classification.* Note de M. **Gaston Julia**.

1. En se référant à la représentation *vectorielle* des opérateurs linéaires de l'espace hilbertien H que j'ai précédemment indiquée ([1]), on peut donner des opérateurs bornés une *décomposition canonique*, qui permet de simplifier notablement la classification donnée par Tœplitz, en ramenant les quatre classes connues à deux seulement, précisément celles qui se

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 733-736.

présentent dans le cas hermitien, les deux autres s'en déduisant par multiplication avec des opérateurs de type canonique, unitaires ou unitaires d'un seul côté, qui sont liés étroitement aux projecteurs.

La décomposition canonique envisagée constitue en outre une généralisation aux opérateurs linéaires bornés du théorème de décomposition de Weierstrass sur les fonctions analytiques, qui *met en évidence les zéros de la fonction.*

Le système orthonormal complet de base sera (e_n), $n = 1, 2, \ldots, \infty$. L'opérateur borné A est défini par la donnée des vecteurs $A_n = A e_n$, pour $n = 1, 2, \ldots, \infty$, tels que $\sum_n |(A_n, X)|^2$ converge pour tout X de H. Le choix du système (e_n) sera, dans la suite, adapté à A.

2. La *première classe* est caractérisée par $n(AA^*) > 0$, $n(A^*A) > 0$, ou par ce fait que les $\Sigma x_n A_n (\Sigma |x_n|^2$ convergente) remplissent H une et une seule fois, sans qu'il existe de chaîne fermée $\Sigma x_n A_n = 0$. A, comme A^*, transforme biunivoquement H en lui-même. On a $A = \mathfrak{A} U$; $\mathfrak{A}$ opérateur de première classe dans H (comme $\mathfrak{A}^*$) a été introduit précédemment ([1]); U est unitaire.

3. La *deuxième classe* est caractérisée par $n(AA^*) > 0$, $n(A^*A) = 0$, ou par ce fait équivalent que les $\Sigma x_n A_n$ remplissent $H(\Delta_A = H)$, tandis que les *zéros de* A, correspondant aux $\Sigma x_n e_n \neq 0$ pour lesquels $\Sigma x_n A_n = 0$, remplissent une variété linéaire fermée V. Alors $\Delta_{A^*} = H - V$, et il y a correspondance biunivoque entre X décrivant $H - V$ et AX décrivant H. A^* *n'a pas de zéro* hors l'origine.

En constituant le système (e_n) par une base (e'_n) de V et une base (e''_n) de $H - V$, on montre que $A = \mathfrak{A} U$, où $\mathfrak{A}$ est l'opérateur défini par $A''_n = A e''_n = \mathfrak{A} \varepsilon_n$, avec $A''_n = \alpha_{n_1} \varepsilon_1 + \ldots + \alpha_{nn} \varepsilon_n$, suivant la décomposition d'E. Schmidt. Les A'_n sont nuls, les A''_n indépendants sans chaînes fermées. *$\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A}^*$ sont de première classe dans* H. Quant à U, il est tel que $UU^* = 1 = P_{\Delta_A}$, $U^*U = P_{H-V} = P_{\Delta_{A^*}} < 1$ ([2]); c'est un opérateur de deuxième classe, qui transforme *isométriquement* et *biunivoquement* $H - V$ *en* H ([3]). $U(V) = 0$, $U(H - V) = H$, $U^*(H) = H - V$. On peut le décomposer en $U = U_1 U_2$, U_1 *unitaire dans* H (première classe) et U_2

([2]) On désigne par $P_{\mathfrak{M}}$ l'opérateur de projection sur la variété fermée $\mathfrak{M}$.

([3]) De tels opérateurs dépendent d'une transformation unitaire de la variété $H - V$ en elle-même et d'une transformation untaire de H en lui-même. Le détail sera donné ailleurs.

opérateur canonique de deuxième classe adapté aux zéros de A et tel que, symboliquement, $U_2(V) = o$, $U_2(H - V) = H$, par transformation des e''_n en l'ensemble des e'_n et de e''_n convenablement ordonnés. $U_2 U^*_2 = 1$, $U^*_2 U_2 = P_{H-V} < 1$. Dans la décomposition $A = \mathfrak{A} U = \mathfrak{A} U_1 U_2$, U_2 est un opérateur canonique de deuxième classe, unitaire à droite qui *bloque les zéros de* A, $\mathfrak{A} U_1$, de première classe dans H, n'ayant d'autre zéro que l'origine.

4. La *troisième classe*, corrélative de la deuxième, se caractérise par $n(AA^*) = o$, $n(A^*A) > o$, ou par ce fait équivalent que les $\Sigma x_n A_n$ remplissent une variété fermée $H - \mathcal{V} \subset H$, sans qu'il existe de chaîne fermée $\Sigma x_n A_n = o$. A n'a pas de zéro, mais A^* *admet pour zéros toute la variété fermée* $\mathcal{V}$ complémentaire de $H - \mathcal{V} = \Delta_A$. Il y a correspondance biunivoque entre X décrivant H et AX décrivant $\Delta_A = H - \mathcal{V}$. On a $\Delta_{A^*} = H$.

Les $A_n = A e_n$, tous indépendants, déterminent, par $A_n = \alpha_{n1} \varepsilon_1 + \ldots + \alpha_{nn} \varepsilon_n$, la variété $H - \mathcal{V}$ dont le système orthonormal de Schmidt (ε_n) est une base. Ce système, quoique incomplet, est adapté aux propriétés du domaine des valeurs Δ_A de A. Par $A_n = \mathfrak{A}_n \varepsilon_n$, on obtient l'opérateur $\mathfrak{A}$, *défini dans* $H - \mathcal{V}$, *de première classe ainsi que* $\mathfrak{A}^*$ *dans* $H - \mathcal{V}$. On a $A = \mathfrak{A} U$, U opérateur particulier de troisième classe, unitaire à gauche, tel que $U^* U = 1 = P_{\Delta_{A^*}}$, $UU^* = P_{H-\mathcal{V}} = P_{\Delta_A} < 1$. Il est possible de décomposer U, par $U = U_2 U_1$, en U_1 unitaire dans H (première classe) et U_2 *canonique de troisième classe adapté aux zéros de* A^* *ou à* Δ_A [4]. On a $U^*_2(\mathcal{V}) = o$ et $U^*_2(H - \mathcal{V}) = H$, U^*_2 étant du type canonique de deuxième classe envisagé au n° 3. Cela donne $H - \mathcal{V} = U_2(H)$, correspondance *biunivoque* et *isométrique* entre H et $H - \mathcal{V}$, $U^*_2 U_2 = 1$ et $U_2 U^*_2 = P_{H-\mathcal{V}} = P_{\Delta_A} < 1$.

La relation $A = \mathfrak{A} U = \mathfrak{A} U_2 U_1$ ramène tout A de troisième classe à *l'opérateur canonique* U_2 *de troisième classe*, tel que U^*_2 *bloque tous les zéros de* A^*, et à *l'opérateur* $\mathfrak{A}$ *de première classe* (ainsi que $\mathfrak{A}^*$) *dans* $H - \mathcal{V}$. On pourrait étendre $\mathfrak{A}$ à tout H en le définissant, pour tout vecteur $X_{\mathcal{V}}$ de $\mathcal{V}$, par $\mathfrak{A} X_{\mathcal{V}} = X_{\mathcal{V}}$; alors $\mathfrak{A}^* X_{\mathcal{V}} = X_{\mathcal{V}}$; $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A}^*$ sont de première classe dans H et ils laissent séparément invariants $\mathcal{V}$ et $H - \mathcal{V}$. La relation $A = \mathfrak{A} U_2 U_1$ continue d'être valable.

5. La *quatrième classe* se caractérise par $n(AA^*) = n(A^*A) = o$. Elle se subdivise en quatre cas :

a. Ni A *ni* A^* *n'ont de zéro hors de l'origine*. On a $[\Delta_A] = [\Delta_{A^*}] = H$, les domaines de valeurs Δ_A *et* Δ_{A^*} *n'étant fermés ni l'un ni l'autre*, et étant

---

[4] Le détail de ce type canonique sera donné ailleurs.

denses partout dans H. La réduction $A = \mathfrak{A}U$ s'effectue par les voies habituelles du n° 2, U *unitaire*, $\mathfrak{A}$ *opérateur de quatrième classe* dans H, et du même type que A, *sans zéro hors de* O; $\mathfrak{A}\varepsilon_n = A_n = \alpha_{n1}\varepsilon_1 + \ldots + \alpha_{nn}\varepsilon_n$; $\varepsilon_n = Ue_n$.

b. A *sans zéro hors de l'origine;* A^* *a pour zéros la variété fermée* $\mathcal{V}$. On a $[\Delta_A] = H - \mathcal{V}$, $[\Delta_{A^*}] = H$, Δ_A *et* Δ_{A^*} *non fermés*. On aura $A = \mathfrak{A}U$, la structure de U s'obtenant comme au n° 4. $U^*U = 1 = P_{[\Delta_{A^*}]}$, $UU^* = P_{H-\mathcal{V}} = P_{[\Delta_A]} < 1$. $U = U_2U_1$, U_1 unitaire et U_2 canonique de troisième classe adapté à Δ_A. $H - \mathcal{V} = U_2(H)$ correspondance biunivoque et isométrique entre H et $H - \mathcal{V}$. $U_2^*U_2 = 1 = P_{[\Delta_{A^*}]}$, $U_2U_2^* = P_{[\Delta_A]} < 1$. $\mathfrak{A}$ *opérateur de quatrième classe dans* $H - \mathcal{V}$, *sans zéro hors de* O, *ainsi que* $\mathfrak{A}^*$. On l'étend à H par $\mathfrak{A}X_{\mathcal{V}} = X_{\mathcal{V}}$, $\mathfrak{A}^*X_{\mathcal{V}} = X_{\mathcal{V}}$; $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A}^*$ restent de quatrième classe dans H, type *a*, laissent invariants $\mathcal{V}$ et $H - \mathcal{V}$, et $A = \mathfrak{A}U_2U_1$ reste valable.

c. A *a pour zéros la variété* V, A^* *n'a pas de zéro hors* O; $[\Delta_A] = H$, $[\Delta_{A^*}] = H - V$; Δ_A *et* Δ_{A^*} *non fermés*. On aura, en raisonnant comme au n° 3, $A = \mathfrak{A}U$; $\mathfrak{A}$ *de quatrième classe dans* H, *type a*; $U = U_1U_2$ est tel que $UU^* = 1 = P_{[\Delta_A]}$, $U^*U = P_{[\Delta_{A^*}]} < 1$; U_1 unitaire; U_2 *opérateur canonique de deuxième classe adapté aux zéros de* A : $U_2(V) = 0$, $U_2(H - V) = H$, par correspondance biunivoque et isométrique entre $H - V$ et H.

d. A *a pour zéros la variété* V, A^* *a pour zéros la variété* $\mathcal{V}$. Alors $[\Delta_A] = H - \mathcal{V}$ et $[\Delta_{A^*}] = H - V$. Ce cas se subdivise en deux autres d_1 et d_2.

d_1. Δ_A *est fermé, et* Δ_{A^*} *l'est aussi nécessairement*. Il vient alors $A = \mathfrak{A}U$; $\mathfrak{A}$ *de première classe dans* $\Delta_A = H - \mathcal{V}$, comme $\mathfrak{A}^*$, on les étend à H comme au n° 4; $UU^* = P_{[\Delta_A]} < 1$, $U^*U = P_{[\Delta_{A^*}]} < 1$; $\Delta_A = U(H - V)$, correspondance biunivoque et isométrique entre $H - V$ et $\Delta_A = H - \mathcal{V}$; U se décompose en $U = U_1U_2$, *où* U_1 *est de deuxième classe comme le* U *du n°* 3, avec $H = U_2(H - V)$, correspondance biunivoque et isométrique, et U_1 *de troisième classe comme le* U *du n°* 4, avec $H - \mathcal{V} = U_1(H)$, ces opérateurs pouvant eux-mêmes être décomposés en un opérateur unitaire de H et un *opérateur canonique de deuxième ou troisième classe* adapté aux zéros de A ou de A^*. Le type d_1 contient tous les *projecteurs*.

d_2. *Ni* Δ_A, *ni* Δ_{A^*} *ne sont fermés*. Il vient $A = \mathfrak{A}U$, U ayant les mêmes propriétés qu'en d_1, mais $\mathfrak{A}$, *comme* $\mathfrak{A}^*$, *étant de quatrième classe dans* $\Delta_A = H - \mathcal{V}$ *et du type a*; on peut les étendre à tout H, en conservant leur classe et leur type, comme au n° 4.

6. En définitive, tout opérateur linéaire borné est le produit d'un *opérateur de première ou de quatrième classe, type a* (sans zéro pour l'origine),

d'un ou *plusieurs opérateurs canoniques de deuxième ou troisième classe*, d'un ou plusieurs opérateurs *unitaires* (première classe); on sait que les opérateurs hermitiens sont de première ou de quatrième classe (types *a* ou *d*).

En faisant hommage à l'Académie du tome XIX des *Annales de l'Institut de Physique du Globe*, M. **Charles Maurain** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de présenter à l'Académie un volume des *Annales de l'Institut de Physique du Globe de l'Université de Paris*, qui vient de paraître. Ce volume est le tome XIX de cette Publication, que j'ai dirigée depuis sa fondation, et qui a paru chaque année, sans aucune interruption, avec quelques suppléments consacrés à des questions spéciales. Elle renferme, avec le résultat des observations géophysiques effectuées régulièrement dans les Observatoires de l'Institut, des Mémoires originaux sur les différents domaines de la Physique du Globe. Le présent tome contient des Mémoires de Mme Odette Thellier et de MM. Pierre Bernard, Brazier et Rouch. Je n'ai pas chaque année présenté à l'Académie les volumes de ces Annales, qui ont été remis à sa Bibliothèque. Je me permets de le faire pour le tome actuel, parce que ce sera le dernier publié par mes soins. J'espère que mes successeurs continueront la série.

CORRESPONDANCE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *La tendance centrale des sommes de variables aléatoires liées.* Note (1) de M. **Michel Loève**, présentée par M. Henri Villat.

Le problème central du calcul des probabilités est celui de la tendance des lois de sommes de variables aléatoires liées vers la loi de Moivre-Laplace (ou loi de Gauss).

I. Posons (2)

$$F_{n,i}(x) = \Pr(X_{n,i} < x) \qquad \text{et} \qquad F'_{n,i}(x) = \Pr'(X_{n,i} < x).$$

(1) Séance du 16 juin 1941.

(2) Les notations sont celles de la Note des *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 840.

Nous établissons, aussi bien par la méthode de Lindeberg que par celle des fonctions caractéristiques, convenablement modifiées, les conditions suffisantes ci-après, de tendance centrale, les plus générales à notre connaissance.

THÉORÈME FONDAMENTAL. — *La loi de* $S_{n,n}$ *tend vers la loi de Moivre-Laplace à moyenne* o *et à fluctuation* σ^2 *quand, pour* $n \to \infty$, *et pour tout* $\varepsilon > 0$,

$$\sum_{i=1}^{n} \sup \int_{|\xi|>\varepsilon} dF'_{n,i}(\xi) \to 0,$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sup \left| \int_{|\xi|\leqq\varepsilon} \xi^2\, dF'_{n,i}(\xi) \right| \to 0,$$

et, il existe des quantités $\sigma^2_{n,i}$ *telles que*

$$\sum_{i=1}^{n} \sup \left| \int_{|\xi|\leqq\varepsilon} \xi^2\, dF'_{n,i}(\xi) - \sigma^2_{n,i} \right| \to 0,$$

$$\sum_{i=1}^{n} \sigma^2_{n,i} \to \sigma^2 \text{ fixe} \qquad 0 < \sigma < \infty.$$

REMARQUES. — 1. *Supposons* $\sigma = 0$. On en tire les conditions suffisantes les plus générales pour la loi des grands nombres. Dans le cas de l'indépendance et en prenant $X_{n,i} = X_i/a_n$, $a_n > 0$, on obtient les conditions de Feller; si, de plus, $a_n = n$ on retrouve celles de Kolmogoroff.

2. *Supposons les* $X_{n,i}$ *indépendantes* et $0 < \sigma < \infty$. En posant $X_{n,i} = X_i/a_n$ on retrouve les conditions suffisantes de tendance centrale de Lévy-Feller, lesquelles, en un sens, sont les meilleures possibles dans ce cas.

II. Soient des var. al. $X_{n,i}$ ayant les deux premiers moments *a priori* et *a posteriori*, avec $\mathfrak{M}(X_{n,i}) = 0$.

Supposons que, lorsque $n \to \infty$,

$$\sum_{i=1}^{n} \sup |\mathfrak{M}'(X_i)| \to 0 \qquad \text{et} \qquad \sum_{i=1}^{n} \sup |\mathfrak{M}'(X^2_{n,i}) - \mathfrak{M}(X^2_{n,i})| \to 0.$$

Dans ce cas, pour que la loi limite de $S_{n,n}$ existe et soit celle de Moivre-Laplace, il suffit d'avoir

$$(1) \qquad \sum_{i=1}^{n} \sup \int_{|\xi|>\varepsilon} \xi^2\, dF'_{n,i}(\xi) \to 0 \qquad \text{avec } \frac{1}{n}$$

et

$$\sum_{i=1}^{n} \mathfrak{M}(X_{n,i}^2) \to \sigma^2 \qquad \text{avec} \quad 0 < \sigma < \infty. \tag{1'}$$

Si $X_{n,i} = X_i/s_n$ avec $s_n^2 = \sum_{i=1}^{n} \mathfrak{M}(X_i^2)$, la condition (1′) est satisfaite ($\sigma = 1$) et (1) devient

$$\frac{1}{s_n^2} \sum_{i=1}^{n} \sup \int_{|\xi| > \varepsilon s_n} \xi^2 \, dF_i'(\xi) \to 0 \qquad \text{avec} \quad \frac{1}{n}, \tag{2}$$

condition analogue à celle de Lindeberg à laquelle elle se réduit dans le cas de l'indépendance.

(2) est entraînée par

$$\frac{1}{s_n^q} \sum_{i=1}^{n} \sup |\mathfrak{M}'(X_i)|^q \to 0 \qquad \text{avec} \quad \frac{1}{n}, \quad q > 2 \text{ fixe}, \tag{3}$$

ce qui suppose que les moments d'ordre q existent; c'est l'analogue de la condition de Liapounoff pour des var. al. indépendantes. Dans le cas de dépendance, ce résultat a été obtenu par M. Bernstein pour $q = 3$, sous des hypothèses légèrement plus restrictives ([2]).

En particularisant davantage on retrouve un résultat de M. Paul Lévy ([3]). Appliquons à une suite $\{A_i\}$ d'événements généralement liés et posons $s_n^2 = \sum_{i=1}^{n} \Pr(A_i) \Pr(\overline{A}_i)$. On a

Lorsque, pour $n \to \infty$,

$$\frac{1}{s_n} \sum_{i=1}^{n} \sup |\Pr'(A_i) - \Pr(A_i)| \to 0,$$

la loi de $(R_n - \overline{R}_n)/s_n$ tend vers la loi de Moivre-Laplace réduite.

([2]) S. Bernstein, *Math. Ann.*, 97, 1927, p. 1-59.

([3]) *Bull. Sc. math.*, 59, 1935, pp. 84-96.

GÉOMÉTRIE. — *Opérateurs hermitiques et espace de Riemann.* Note (¹) de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

L'une des plus graves difficultés, présentées par les conditions de quantification actuellement admises est leur non-commutabilité avec l'opération de changement de coordonnées. La quantification nécessite ainsi le choix préalable d'un système de référence privilégié et les résultats diffèrent selon le choix de ce système. Nous nous sommes efforcé de trouver des conditions s'éloignant le moins possible des conditions classiques et permettant une quantification invariante du mouvement d'un point dans un espace de Riemann (quantification du mouvement d'un système, quantification du mouvement d'un point dans un univers relativiste). On trouvera ici un simple essai sur cette difficile question.

I. *Les équations canoniques.* — Étant donné un espace de Riemann de tenseur fondamental $g^{\lambda\mu}$, l'hamiltonien qui lui est classiquement associé s'écrit

$$2H = g^{\lambda\mu} y_\lambda y_\mu,$$

où les $g^{\lambda\mu}$ sont des fonctions des coordonnées x^α du point considéré, et les y_α les variables canoniquement conjuguées des x^α. Nous allons essayer de transposer les équations canoniques, dérivant de H, dans un espace de matrices hermitiques.

Nous désignerons par X^α et Y_α des matrices hermitiques associées aux variables x^α et y_α et obéissant aux règles de commutation suivantes :

a. les X^α commutent entre eux;

b. les Y_α commutent entre eux;

c. les X^α et les Y_β ne commutent pas entre eux.

Nous ne préciserons pas davantage la condition *c*, puisque aucune condition explicite portant sur les X^α ne présente, dans un changement de coordonnées curvilignes, la variance désirée. Pour la même raison, nous éviterons d'introduire des crochets de Dirac au second membre des équations canoniques.

Au tenseur fondamental $g^{\lambda\mu}$ nous substituerons un tenseur de matrices $G^{\lambda\mu}$, fonction des X^α et se réduisant aux $g^{\lambda\mu}$ à l'approximation classique. L'opé-

---

(¹) Séance du 30 juin 1941.

rateur hamiltonien associé s'écrit

$$2\mathcal{H} = Y_\lambda G^{\lambda\mu} Y_\mu,$$

et les équations canoniques seront de la forme

$$(1a)\qquad \frac{dX^\alpha}{du} = \frac{\partial\mathcal{H}}{\partial Y_\alpha} = \frac{1}{2}(G^{\alpha\beta}Y_\beta + Y_\beta G^{\alpha\beta}),$$

$$(1b)\qquad \frac{dY_\alpha}{du} = -\frac{\partial\mathcal{H}}{\partial X^\alpha} = -\frac{1}{2}Y_\lambda \partial_\alpha G^{\lambda\mu} Y_\mu.$$

Les matrices $G^{\lambda\mu}$, étant fonctions des matrices X^α, *commutent entre elles*, puisqu'elles peuvent être mises simultanément sous forme diagonale; dans ces conditions la définition des dérivées partielles $\partial_\alpha G^{\lambda\mu}$, figurant dans les équations (1 *b*), ne présente aucune difficulté. Les matrices X^α étant hermitiques, il en est de même des $G^{\lambda\mu}$, $\partial_\alpha G^{\lambda\mu}$. L'opérateur $\mathcal{H}$ et les opérateurs figurant aux seconds membres des équations (1) présentent aussi le caractère hermitique.

II. *Les changements de coordonnées.* — Soit $X^\alpha = f^\alpha(X^{\alpha'})$ un changement de coordonnées. Il se traduira sur les différentes grandeurs physiques, au moyen de l'opérateur $A^\alpha_{\alpha'} = \partial_{\alpha'} f^\alpha$; $A^\alpha_{\alpha'}$ commute avec lui-même, avec les X^α et toute fonction des X^α. Il ne commute pas avec les Y_α et l'on a

$$(2)\qquad A^\alpha_{\alpha'} Y_\beta - Y_\beta A^\alpha_{\alpha'} = -\bar{h}\, \partial_\beta A^\alpha_{\alpha'},$$

où $\bar{h}$ désigne une constante de l'ordre de h. Les opérateurs $G^{\lambda\mu}$ et Y_α se transforment selon les lois tensorielles

$$G^{\lambda\mu} = A^{\lambda}_{\lambda'}{}^{\mu}_{\mu'} G^{\lambda'\mu'}, \qquad Y_\alpha = A^{\alpha'}_\alpha Y_{\alpha'},$$

et il est clair que les conditions de commutation relatives aux $G^{\lambda\mu}$ et aux Y_α présentent un sens invariant. Par contre l'opérateur dX^α/du ne se transforme pas rigoureusement selon une loi tensorielle; nous verrons ultérieurement qu'il lui correspond un terme additif de l'ordre de $\bar{h}$.

III. *Les nouvelles relations de commutation.* — Nous avons essentiellement besoin des relations de commutation portant sur les couples d'opérateurs

$$G^{\lambda\alpha} \text{ et } Y_\alpha; \qquad \frac{dX^\alpha}{du} \text{ et } Y_\beta; \qquad \frac{dX^\alpha}{du} \text{ et } \frac{dX^\beta}{du}.$$

Nous astreindrons ces relations aux deux conditions suivantes :

a. Elles doivent être invariantes, aux termes en $\bar{h}^2$ près au moins [2];

[2] Cf. SCHRÖDINGER, *Ann. Inst. Poincaré*, 2, p. 285.

b. Si, dans un système de référence, les $\partial_\alpha G^{\lambda\mu}$ sont tous nuls en un point (système géodésique), en ce point les opérateurs considérés commutent.

La condition *b* résulte naturellement du fait que ces opérateurs commutent dans un espace euclidien. On peut alors démontrer le théorème suivant :

THÉORÈME. — *Sous les conditions a et b les relations de commutation cherchées s'écrivent nécessairement*

$$(3)\quad \left\{ \begin{array}{l} G^{\lambda\alpha} Y_\alpha - Y_\alpha G^{\lambda\alpha} = -2\bar{h} H^\lambda, \\ \dfrac{dX^\alpha}{du} Y_\beta - Y_\beta \dfrac{dX^\alpha}{du} = \bar{h} \Gamma^\alpha_{\beta\rho} \dfrac{dX^\rho}{du}, \\ \dfrac{dX^\alpha}{du} \dfrac{dX^\beta}{du} - \dfrac{dX^\beta}{du} \dfrac{dX^\alpha}{du} = 0, \end{array} \right.$$

où l'on a posé

$$H^\lambda = \frac{1}{2} \partial_\alpha G^{\alpha\lambda}, \qquad \Gamma^\alpha_{\beta\rho} = G^{\alpha\sigma} \Gamma_{\beta\sigma\rho}, \qquad \Gamma_{\beta\sigma\rho} = \begin{bmatrix} \beta & \rho \\ & \sigma \end{bmatrix};$$

les équations canoniques peuvent alors être mises sous la forme

$$(1')\quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{dX^\alpha}{du} = G^{\alpha\beta} Y_\beta + \bar{h} H^\alpha, \\ \dfrac{dY_\alpha}{du} = -\dfrac{1}{2} \partial_\alpha G^{\lambda\mu} Y_\lambda Y_\mu - \bar{h} \partial_\alpha H^\lambda Y_\lambda; \end{array} \right.$$

IV. *Mouvement d'un point dans un espace de Riemann*. — Des équations (1') il résulte

$$(4)\quad \left\{ \begin{array}{l} \dfrac{d}{du}\left(\dfrac{dX^\alpha}{du}\right) + \Gamma^\alpha_{\beta\gamma} \dfrac{dX^\beta}{du} \dfrac{dX^\gamma}{du} = \bar{h} K^\alpha_\mu \dfrac{dX^\mu}{du}, \\ K^\alpha_\mu = G^{\alpha\beta} [\Gamma^\sigma_{\rho\beta} \Gamma^\rho_{\sigma\mu} + \partial_\mu H_\beta - \partial_\beta H_\mu], \end{array} \right.$$

où le premier membre de (4) est formellement identique au premier membre de l'équation d'une géodésique. Pour un espace à 4 dimensions, on obtient le mouvement d'un point dans un champ de gravitation (X^4 opérateur temporel, u paramètre d'évolution). Le cas où il y a en outre un champ électromagnétique s'en déduit au moyen de la connexion semi-symétrique associée ([3]).

([3]) LICHNEROWICZ, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 330.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur la représentation conforme.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Paul Montel.

Je désirerais ajouter certaines précisions à ma Note du 23 juin. J'avais suivi dans celle-ci une voie tracée par M. J. Wolff dès 1930 et qui l'a conduit dans sa dernière Note, présentée également le 23 juin, à des résultats assez analogues aux miens.

Distinguons ces quatre hypothèses :

(A). $u = f(z)$ est méromorphe dans une couronne $C'(z = re^{i\theta}, \rho \leq r < 1)$ et, si D est l'ensemble des valeurs prises par u, comptée chacune avec son ordre de multivalence, l'aire totale de la représentation de D sur la sphère de Riemann est finie, en même temps que l'ensemble d'accumulation des valeurs de u au voisinage de $\Gamma(|z| = 1)$ ne coïncide pas avec la totalité du plan des u.

(A'). $f(z)$ est holomorphe et univalent dans $C(|z| < 1)$.

(B). Mêmes conditions que (A), et en outre D est borné.

(B'). Même condition que (A'), et en outre D est borné.

Dans le cas (B), la longueur $L(r)$ de la transformée dans D de la circonférence $r =$ const. est $o[(1-r)^{-1/2}]$. Dans le cas (A'), $f(z)$ est majoré par Σknz^n (k indépendant de n et de z), $f'(z)$ par kn^2z^{n-1},

$$\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} |f'^2(z)|\, d\theta < k^2 n^4 r^{2n-2}.$$

L'application de l'inégalité de Schwartz donne $L(r) = o[(1-r)^{-3/2}]$.

Appelons *ordre maximum de contact* avec Γ, au point $a = e^{i\alpha}$, d'un chemin décrit par z à l'intérieur de C' et aboutissant en a, la plus grande limite de $\log[1-|z|]/\log|z-a| - 1$. Le théorème suivant résulte des propriétés établies dans ma dernière Note. Il est exact avec l'hypothèse la plus générale (A). Il suffit de le montrer pour (B) :

En chaque point a d'une plénitude E *de* Γ, *$f(z)$ tend vers une limite unique finie $b(a)$ quand z tend vers a suivant un chemin quelconque intérieur à* C *et ayant avec* Γ *au point a un contact d'ordre maximum inférieur à* 1.

$c_\gamma(\alpha)$ ou simplement $c(\alpha)$ étant la courbe décrite par z dans C' (et limitée à un arc où r et θ varient dans des sens constants) si $z = \zeta e^{i\alpha}$, ζ décrivant la courbe $c(0)$:

$$1 - |\zeta| = |1 - \zeta|^\gamma, \qquad 1 < \gamma < 2,$$

$c(\alpha)$ est symétrique par rapport au rayon Oa, elle est tangente à Γ au point a avec

un contact d'ordre $\gamma - 1 < 1$ (et une courbure infinie). On montre comme dans ma dernière Note que chacun des deux arcs constituant la transformée $d(\alpha)$ de $c(\alpha)$ dans D est rectifiable, si a appartient à une certaine plénitude E_γ de Γ; $f(z)$ étant borné, les extrémités des deux arcs formant $d(\alpha)$ coïncident avec un même point $b(a)$, vers lequel tend $f(z)$ si z tend vers a entre les deux branches de $c(\alpha)$. En outre on trouve

$$\text{arc}\, ub = o[|z - a|^{1-\gamma/2}],$$

si z décrit $c(\alpha)$ et tend vers a.

On donne à γ une suite de valeurs croissantes tendant vers 2. Aux points a de la plénitude E de Γ commune aux plénitudes E_γ, le théorème est vrai.

Tout se passe comme si, dans les conditions de variation de z indiquées dans l'énoncé, $f'(z)\sqrt{1-r}$ tendait vers o. Mais je ne saurais affirmer l'exactitude de cette propriété.

Soit e la plénitude de Γ en chaque point de laquelle $f(z) - b = o(\sqrt{z-a})$, si z tend vers a dans un angle bissecté par Oa et par exemple d'ouverture inférieur à $\pi/2$. Soit g l'ensemble des points $b = b(a)$ de la frontière F de D, homologues des points a de e. Je dis que *g a une aire nulle.*

Soit ε positif donné quelconque et, a étant dans e, soit $\eta(a, \varepsilon)$ le nombre positif maximum ($\leqq 2$) tel que

$$|f(z) - b| < \varepsilon\sqrt{|z-a|} \quad \text{moyennant} \quad |\text{Arg}(1 - z\,e^{-i\alpha})| < \frac{\pi}{4}, \quad |z - a| < \eta(a, \varepsilon).$$

Si a et a' sont dans e, si $\eta(a, \varepsilon)$ et $\eta(a', \varepsilon)$ surpassent η et si $|a' - a| < \eta$, les deux points $b(a)$, $b(a')$ sont distants de moins de $2\varepsilon\sqrt{|a'-a|}$. Soit $e_n(\varepsilon)$ l'ensemble des a de e où $2^{-n} < \eta(a, \varepsilon) \leqq 2^{-n+1}$ et $g_n(\varepsilon)$ l'ensemble des points b de g correspondants.

$$e = \sum_{n \geqq 0} e_n(\varepsilon), \qquad g = \sum_{n \geqq 0} g_n(\varepsilon),$$

quel que soit ε. Soit $\mu_n(\varepsilon)$ la mesure de $e_n(\varepsilon)$; $\sum_{n \geqq 0} \mu_n(\varepsilon) = 2\pi$. Nous pouvons englober $e_n(\varepsilon)$ dans des arcs i inférieurs à 2^{-n} et de longueur totale moindre que $2\mu_n(\varepsilon)$. Chaque partie de $g_n(\varepsilon)$ homologue d'une partie de $e_n(\varepsilon)$ incluse dans un arc i a un diamètre inférieur à $2\varepsilon\sqrt{i}$. Donc $g_n(\varepsilon)$ est contenu dans des cercles dont l'aire totale est inférieure à $4\pi\varepsilon^2\Sigma i < 30\varepsilon^2\mu_n(\varepsilon)$. Donc $g(\varepsilon)$ est inclus dans des cercles d'aire totale inférieure à $200\varepsilon^2$.

C. Q. F. D.

On démontrerait de même que l'ensemble des points a où f a une dérivée

angulaire finie est dénombrablement rectifiable (au sens de M. Roger), s'il existe.

Ce qui précède n'exclut pas que l'ensemble d'indétermination de u, quand z tend vers n'importe quel point a de Γ, coïncide avec la totalité de F, ni que F ait une aire positive.

Voici un exemple d'un tel cas. Dans le plan des u, considérons des figures (T) formées par une suite finie de trapèzes ayant leurs bases alternativement parallèles à l'axe réel et à l'axe imaginaire, deux trapèzes consécutifs (fermés) ayant en commun uniquement un côté oblique commun, deux trapèzes non consécutifs étant à distance positive l'un de l'autre. Enfin, le premier côté du premier trapèze et le dernier côté du dernier trapèze sont perpendiculaires à leurs bases. Rappelons que l'écart d'un ensemble E à un ensemble E′ est le maximum de la distance d'un point de E à E′.

Soit $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \ldots, \varepsilon_n, \ldots$ une suite positive tendant vers o.

Soit C_1 un rectangle de côtés parallèles aux axes. Sur chacun des quatre côtés de C_1 prenons un intervalle médian i_1^1, i_1^2, i_1^3, i_1^4. Sur i_1^1, nous construisons une figure T_1^1 intérieure à C_1 sauf par son côté initial i_1^1, et dont l'intérieur de C_1 est écarté de moins de ε_1, C_1 diminué de T_1^1 étant un polygone simple C_1^1. Sur i_1^2, construisons T_1^2, intérieur à C_1^1 (sauf par i_1^2) et dont C_1^1 est écarté de moins de ε_1, Soit C_1^2 le polygone simple restant après extraction de T_1^2 dans C_1^1. Nous formons C_1^3, $C_1^4 = C_2$; C_2 est un polygone simple à côtés parallèles aux axes. Sur chacun de ses côtés nous prenons un intervalle médian. Ce sont les i_2^1, i_2^2, $\ldots$, i_2^k. Remplaçant ε_1 par ε_2, nous opérons sur C_2 comme nous l'avons fait sur C_1. Et ainsi indéfiniment. Les C_1, C_2, ... ont en commun un continu Φ dont le complémentaire forme une région unique et infinie. Si u_0 est un point de Φ, la transformation $1/(u-u_0)$ change Φ en F contenant le point à l'infini et dont le complémentaire D représenté sur C fournit l'exemple cherché.

Pour un tel exemple, il existe un résiduel R de points a' de Γ tels que l'ensemble d'indétermination de u, quand z tend vers a' suivant le rayon, coïncide avec la totalité de F, bien que sur une plénitude de Γ, u tende vers une limite unique par tout chemin n'ayant pas avec Γ un contact maximum d'ordre au moins égal à 1.

BALISTIQUE EXTÉRIEURE. — *La stabilité du projectile tournant. La tenue. L'amortissement initial rapide.* Note de M. **Robert d'Adhémar**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Dans la balistique, le même terme stabilité est employé avec des sens différents, et qui peuvent être contradictoires. Conservant au mot stabilité le sens qu'il a dans la mécanique, il faut définir la tenue, qui est une notion

distincte. Écrivons les équations du moment cinétique

$$p' + q(\omega - r) = \frac{1}{B} M_x,$$

$$q' - p(\omega - r) = \frac{1}{B} M_y,$$

$$\rho' = \frac{1}{A} M_z.$$

Je suppose M_z nul, c'est-à-dire les variations de ρ nulles; dans le cas contraire, la nature du problème est différente. Supposons M_x et M_y nuls, à l'instant T. Dans ces conditions, un moment perturbateur N, très petit, pourra avoir une influence notable sur le mouvement gyroscopique, et nous avons donc un état d'instabilité virtuelle. Par exemple, nous pouvons supposer, à l'instant T,

$$\delta = \sin\psi = p = p' = q = q' = 0,$$

la valeur de ψ' étant quelconque. Dans ce cas, l'instabilité est due à un excès de symétrie.

D'autre part, on dit souvent qu'un projectile est stable lorsque δ est petit. Le langage paraît défectueux. Mieux vaut dire que la tenue est bonne, lorsque δ est petit. Il paraît opportun de préciser un peu la notion de bonne tenue en disant, par exemple, qu'elle correspond aussi aux petites valeurs des paramètres p et q, c'est-à-dire à la lenteur du mouvement de l'axe de figure par rapport à la tangente.

La notion de l'amortissement initial est, en général, confuse et l'interprétation des courbes expérimentales est souvent hâtive. Il s'agit ici d'une définition théorique, qui, en fait, sera plus ou moins bien réalisée, et qui, pour un mauvais projectile, serait sans objet.

Nous connaissons le mouvement élémentaire et le mouvement correspondant, l'un et l'autre régis par la deuxième équation de Mayerski. Cette équation peut être déduite de la première équation du moment cinétique, si trois conditions sont remplies : ψ' et δ'' doivent rester assez petits, et les valeurs de δ voisines de zéro doivent être exclues. Cette exclusion, qui est imposée, marque, encore une fois, l'incompatibilité qui existe entre les équations de Mayerski et les positions d'instabilité virtuelle. Si le module μ a une valeur convenable, le mouvement élémentaire de module μ et le mouvement correspondant, défini par un angle λ assez voisin de $\pi/2$, constituent les deux modes favorables de l'amortissement

initial réalisé après une brève période d'irrégularité initiale. Les paramètres δ et ψ varieront peu, pendant le premier tour de révolution.

Si μ croît d'une manière appréciable, l'expression de M_x est $B\omega P\delta$, par suite, la stabilité est meilleure pendant le premier tour; mais l'expression de q est $P\delta$, par suite la tenue est moins bonne pendant le premier tour.

Considérons le rapport $\Theta = M_y : M_x$. Supposons l'amortissement réalisé, dans les conditions favorables ci-dessus. Dans ce cas, la période initiale est caractérisée par ce fait : $|\Theta|$ est infini à la bouche, puis $|\Theta|$ décroît en moyenne; enfin $|\Theta|$ devient petit par rapport à 1 au moment de l'amortissement. Il en résulte qu'une étude analytique de la période initiale, qui ne tient pas compte de M_y, est au moins incomplète.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Influence des interruptions au cours des essais de fluage.* Note (¹) de MM. **Jean de Lacombe** et **Albert Portevin**, présentée par M. Léon Guillet.

Les courbes de fluage par traction tracées en conditions isothermes et isobares avec les aciers à chaud débutent par un allongement instantané correspondant à l'application de la charge. Cet allongement est susceptible d'être observé ou enregistré directement moyennant certaines précautions expérimentales d'une réalisation parfois difficile. On peut aussi en obtenir la valeur en calculant le premier terme a d'une formule parabolique du type $a + bt^m + ct^n$, comme l'a indiqué l'un de nous [2].

Les mêmes précautions opératoires à la décharge après allongement visqueux font apparaître un *raccourcissement instantané expérimental*, qui est *fonction de la charge enlevée et indépendant de l'allongement visqueux antérieurement subi*, c'est-à-dire de l'histoire visqueuse de l'échantillon. Si alors on recharge à nouveau, on obtient *un allongement instantané expérimental* égal au raccourcissement précédent.

D'une manière générale, pour une charge déterminée, l'allongement instantané que l'on observe à l'origine de l'essai est supérieur ou égal aux allongements et raccourcissements ultérieurs que l'on obtient par application ou enlèvement de la charge.

Tout se passe ainsi comme si l'allongement instantané initial

---

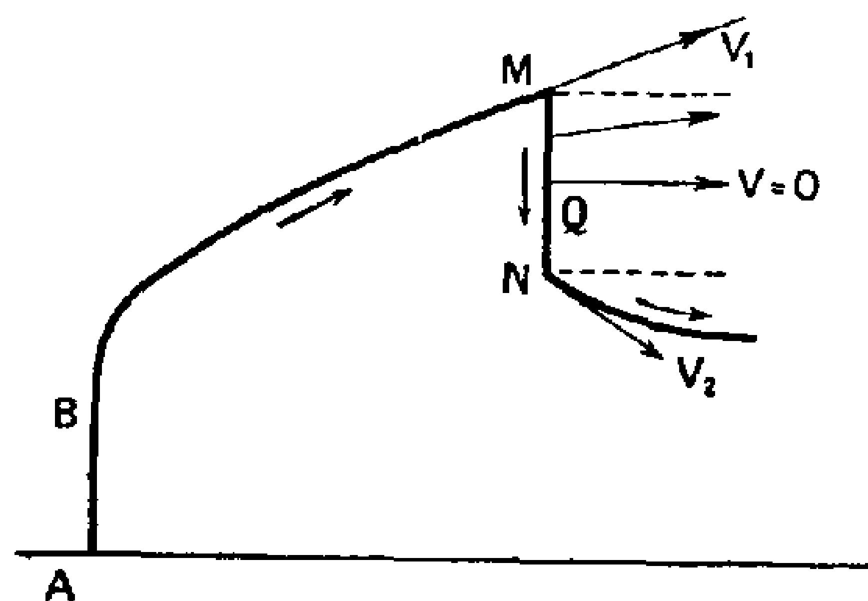
[1] Séance du 30 juin 1941.

[2] J. de Lacombe, *Revue de Métallurgie*, 36, 1939, p. 178.

comprenait une part élastique et une part permanente, et l'on retrouve l'analogue de la loi approchée de Coulomb relative à l'écrouissage. Cette propriété se conserve jusqu'à des températures pour lesquelles les déformations visqueuses sont importantes.

Les variations de longueur instantanées réversibles sont sensiblement proportionnelles aux charges, et peuvent servir, comme à froid, à la définition d'un module d'élasticité, qui est par conséquent indépendant des déformations visqueuses.

Lors de la décharge, à un instant où la vitesse de fluage est V_1 sous une charge F, le raccourcissement instantané MN (voir la figure) est suivi par



une contraction visqueuse débutant par une vitesse $V_2 \leq 0$ sous charge nulle.

Si l'on ne décharge que partiellement, on a un phénomène et une vitesse intermédiaires, c'est-à-dire un allongement de vitesse inférieure à V_1 ou un raccourcissement de vitesse inférieure à V_2 en valeur absolue. Une valeur f, convenablement choisie pour la charge résiduelle, correspond à un point P pour lequel la vitesse instantanée du phénomène visqueux est nulle. Il y a *invariance momentanée de longueur après la décharge partielle*.

Une manière d'interpréter ce phénomène serait d'admettre la présence d'une réaction ou tension élastique interne, conséquence de l'allongement visqueux [2], qui se manifeste par le raccourcissement visqueux lorsque la décharge est totale, et qui fournit l'invariance de longueur, par équilibre des forces en présence, lorsque la charge résiduelle est précisément égale à la contrainte élastique interne totale, c'est-à-dire à celle qui résulte à la

(2) Des explications ont été suggérées pour l'apparition de tensions de ce type, en particulier par Tapsell (*Assoc. Internat. Essai Mater.*, *Congrès de Londres*, 1937, p. 1), Homès (*Rev. Mét.*, 36, 1939, p. 373) et Laurent (*Comptes rendus*, 212, 1941, p. 665).

fois de l'allongement visqueux préalablement produit par F et de l'allongement élastique résiduel sous f.

Ainsi, *il est possible de réaliser une vitesse d'allongement pratiquement nulle au bout d'un temps donné et sous une charge f donnée, à condition d'avoir appliqué préalablement pendant ce temps une charge plus élevée* F, *ou précharge, convenablement choisie.*

Cette invariance n'est pas permanente. La vitesse a généralement tendance à reprendre avec le temps une valeur positive. Mais, entre certaines limites de température, la courbure peut être assez faible pour que l'invariance puisse être considérée comme pratiquement obtenue. Par exemple, un acier à 0,4 % de carbone recuit a été chauffé à 425° et soumis pendant 48 heures à 18 kg/mm². Cette charge a été ensuite baissée à 14,5 kg/mm². Après une période d'évolution progressive, la vitesse s'est stabilisée à moins de 1.10^{-7} heure entre 400 et 700 heures d'essai. Si la charge de 18 kg/mm² n'avait pas été appliquée, la vitesse aurait été environ cinq fois plus grande.

L'invariance de longueur plus ou moins prolongée n'est qu'un aspect d'une propriété plus générale. Une surcharge momentanée au cours d'un essai de fluage amène une diminution de la vitesse d'allongement. Comme cette surcharge momentanée a pour effet d'accroître l'allongement visqueux total, son action peut s'interpréter par l'hypothèse des réactions internes dont il a été question plus haut.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur une méthode électrique pour le dosage instantané de traces de gaz dans l'air.* Note (¹) de M. E. **Huguenard**, présentée par M. Charles Mauguin.

La température d'un fil de platine chauffé vers 1000° dans l'air, par un courant électrique qui le traverse, atteint son équilibre quand la quantité de chaleur apportée en un temps donné par effet Joule est dissipée dans le même temps dans l'atmosphère environnante.

Cette dissipation, qui, dans l'air pur, s'effectue par convection et par rayonnement, dépend, comme on le sait, de l'agitation et de la densité de

(¹) Séance du 30 juin 1941.

cet air, ce qui a permis de réaliser des anémomètres, des indicateurs de direction et des altimètres à fils chauds ([2]).

Mais, toutes choses égales d'ailleurs, si l'air qui heurte le fil chaud renferme un autre gaz, la dissipation de chaleur se trouve modifiée, non seulement par les propriétés physiques du gaz introduit, mais aussi par les réactions chimiques qui peuvent se produire au voisinage du fil chaud.

Il en résulte un changement de la température et de la résistance électrique du fil, changement qui dépend du gaz introduit et peut servir à déceler ce gaz ou à évaluer sa teneur dans l'air.

Les gaz contenus dans l'air et susceptibles d'être ainsi étudiés se divisent en deux groupes. Dans le premier groupe figurent ceux qui, au contact du fil chaud, donnent une réaction exothermique, et qui, par conséquent, augmentent la résistance du fil de platine : c'est à ce premier groupe qu'appartiennent les gaz et vapeurs combustibles : oxyde de carbone, acide sulfhydrique, hydrogène, ammoniac, gaz d'éclairage, vapeurs d'alcool, d'éther etc.

Dans le second groupe entrent des gaz tels que l'anhydride carbonique, la vapeur d'eau, les vapeurs de tétrachlorure de carbone etc., qui, dissociés au contact du fil porté à une température suffisamment élevée, le refroidissent et diminuent par conséquent sa résistance.

Le dosage s'effectue, en principe, sur un seul corps, après séparation physique ou chimique des autres corps. Le fil de platine joue à la fois le rôle d'appareil de chauffage, de masse calorimétrique et de thermomètre, et parfois aussi de catalyseur.

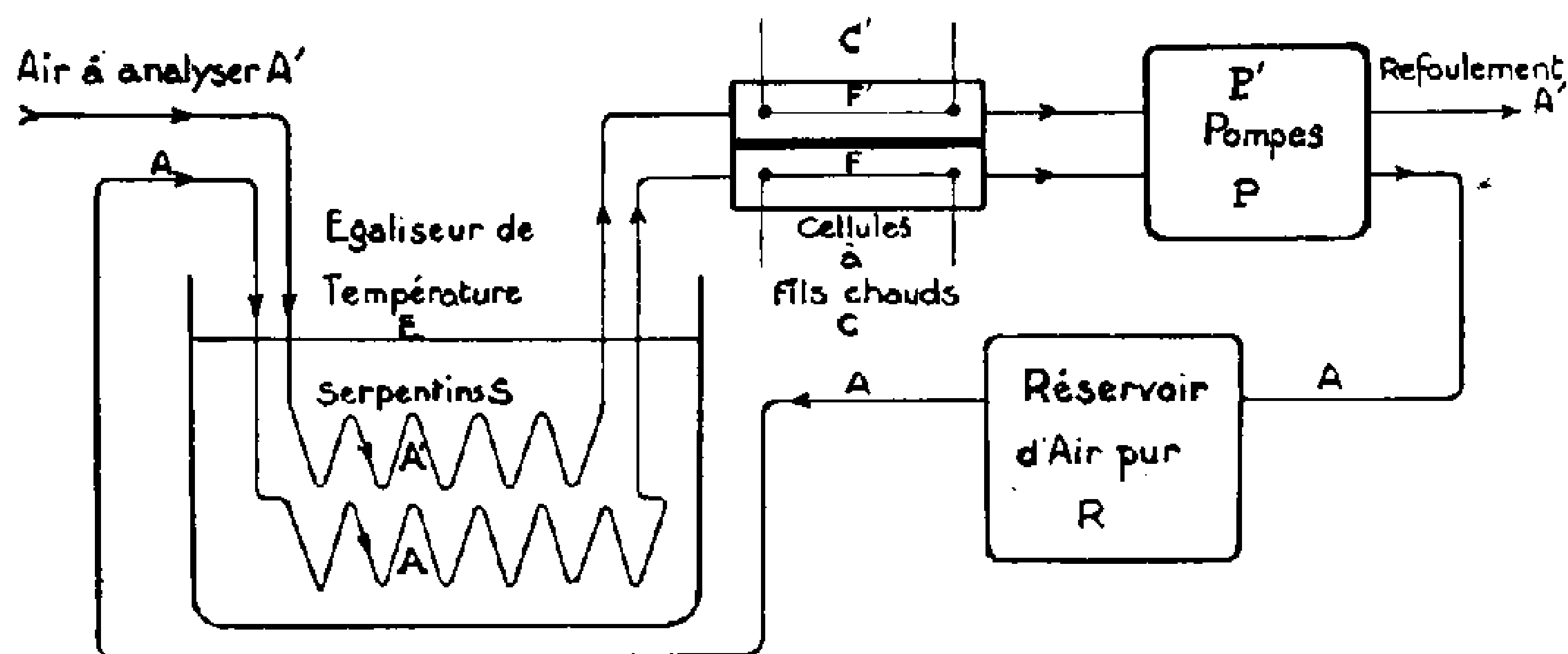
La masse du fil peut être très faible, ce qui permet une mesure très rapide effectuée à l'aide de traces du gaz contenu dans quelques centimètres cubes d'air seulement.

Le dispositif employé (*fig.* 1) pour l'application de cette méthode comprend deux petites pompes accouplées PP′ mues régulièrement par un moteur d'horlogerie ou un moteur électrique : l'une d'elles P′ aspire l'air à analyser, l'autre P l'air pur contenu dans une enceinte R maintenue à la pression atmosphérique. L'aspiration se fait au travers de deux serpentins métalliques S enroulés simultanément en hélice sur un même cylindre et plongés dans l'eau. Les gaz, ainsi amenés à la même température et à la même pression, passent ensuite respectivement dans l'une ou l'autre de deux petites chambres métalliques CC′ dans chacune desquelles est placé un fil de platine

---

([2]) Huguenard, Magnan et Planiol, *Comptes rendus*, 176, 1923, pp. 287 et 663; 180, 1925, p. 828.

de 1/20e de millimètre chauffé par un courant électrique de 0,3 à 0,7 ampère environ. Le volume total des chambres et des canalisations est de quelques centimètres cubes. Les pompes aspirent ce volume en 1 seconde environ.



Les deux fils F, F' font partie d'un pont équilibré comportant des résistances fixes de 5 à 10 ohms et une résistance variable de 100 ohms pour assurer l'équilibre.

L'air témoin, refoulé dans l'enceinte R d'où il avait été extrait, reste constant.

Le galvanomètre du pont peut être aussi sensible que le permet la stabilité de composition des gaz qui circulent autour des fils; avec un galvanomètre très ordinaire, l'appareil décèle aisément *quelques millionièmes* d'oxyde de carbone dans l'air. Un simple relais à électroaimant manœuvre un avertisseur quand la teneur en oxyde de carbone ou en gaz d'éclairage atteint quelques dix-millièmes.

Si le gaz à étudier est un gaz du second groupe, dissocié par la chaleur, il est en général nécessaire de chauffer le fil vers 1200° ou 1300°. On peut ainsi obtenir un hygromètre.

La méthode réussit également pour doser les proportions de deux gaz contenus simultanément dans l'air : c'est le cas de l'air qui renferme à la fois des vapeurs d'alcool et d'eau.

Le fil est alors chauffé seulement au rouge sombre; la vapeur d'eau n'est pas dissociée et n'a pas d'action sur le fil.

Par combustion ou par catalyse, la vapeur d'alcool s'oxyde et échauffe le fil. Il est possible de déterminer ainsi, en quelques secondes, le degré alcoolique d'un liquide placé dans un flacon, en aspirant simplement quelques centimètres cubes de *l'atmosphère* qui surmonte le liquide.

Muni d'un galvanomètre sensible, le dispositif permet de déceler de très faibles quantités de combustibles odorants, tels que la naphtaline à l'état de traces que l'odorat ne perçoit pas.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Production par les rayons cosmiques de corpuscules secondaires pénétrants de grande divergence.* Note [1] de MM. **Pierre Auger** et **Jean Daudin**, présentée par M. Charles Maurain.

I. L'un de nous a signalé [2], ainsi que d'autres auteurs [3], l'existence de coïncidences entre compteurs de Geiger-Muller placés sous un écran épais de plomb, et séparés les uns des autres par plusieurs centimètres de la même matière. Ces coïncidences ont été généralement attribuées à des rayons cosmiques pénétrants simultanés (des mésons, par exemple) par analogie avec les rayons cosmiques mous simultanés (électrons) qui forment les gerbes en cascades. Il s'agirait par conséquent de création de paires de mésons jusque dans les basses régions de l'atmosphère.

II. Des recherches ont été poursuivies par l'un de nous (J. D.) au sujet du nombre d'électrons qui accompagnent, dans l'air ou dans le plomb, le rayonnement cosmique pénétrant.

Pour élucider le rôle relatif joué par les électrons et les mésons dans la production des coïncidences signalées au début de cette Note, des expériences ont été faites avec deux compteurs disposés sous un écran de plomb d'environ 10^{cm} d'épaisseur, et séparés l'un de l'autre par 2^{cm} de plomb; un troisième compteur, placé au-dessus de l'écran, était mis en coïncidence triple avec les premiers (*fig.* 1). Le nombre des coïncidences obtenues varie avec l'écart des compteurs inférieurs d'une façon qui démontre que le diamètre des faisceaux d'électrons ou de mésons qui les déterminent est beaucoup plus grand que celui qui est prévu par la théorie des gerbes en cascade pour le cas du plomb. De plus, si l'écart des compteurs est maintenu constant, mais si l'épaisseur de l'écran qui les sépare est augmentée progressivement de 0 à 10^{cm}, on assiste à une diminution continue du nombre de coïncidences, suivant une courbe analogue à la courbe d'absorption du rayonnement cosmique global : Ce

---

(1) Séance du 30 juin 1941.

(2) P. Auger, P. Ehrenfest, A. Fréon et R. Maze, *Journ. de Phys.*, 10, 1939, p. 1.

(3) G. Wataghin, M. D. de Sousa Santos et P. A. Pompeia, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 61; Janossy et Ingleby, *Nature*, 145, 1940, pp. 511-512; Josephson, Froman et Stearns, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 335.

fait conduit à localiser au voisinage immédiat des compteurs l'origine des particules secondaires qui les actionnent, et à diminuer le rôle des particules pénétrantes simultanées venant de l'atmosphère, et par conséquent grossièrement parallèles.

III. Cet ensemble de résultats nous a suggéré d'envisager un nouveau

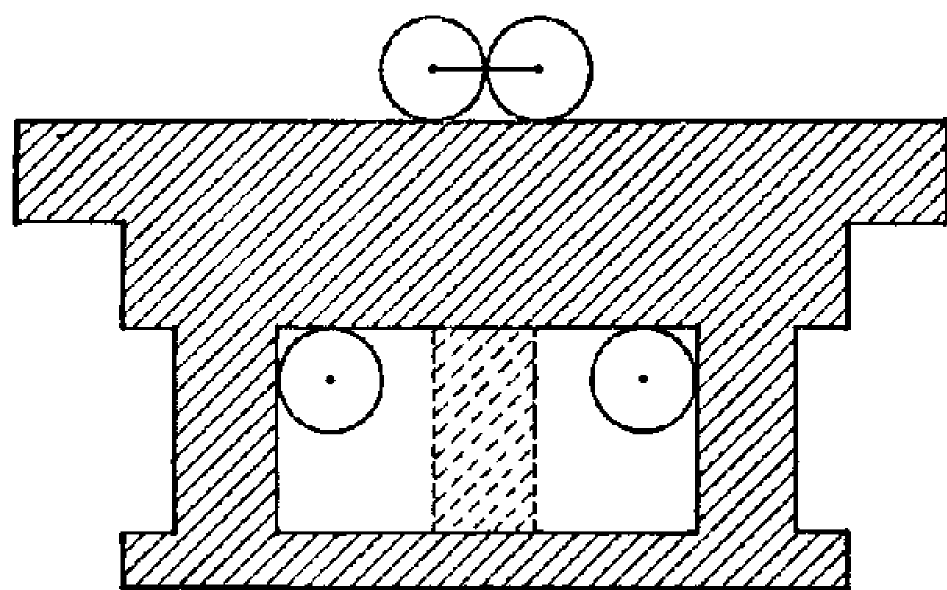


Fig. 1.

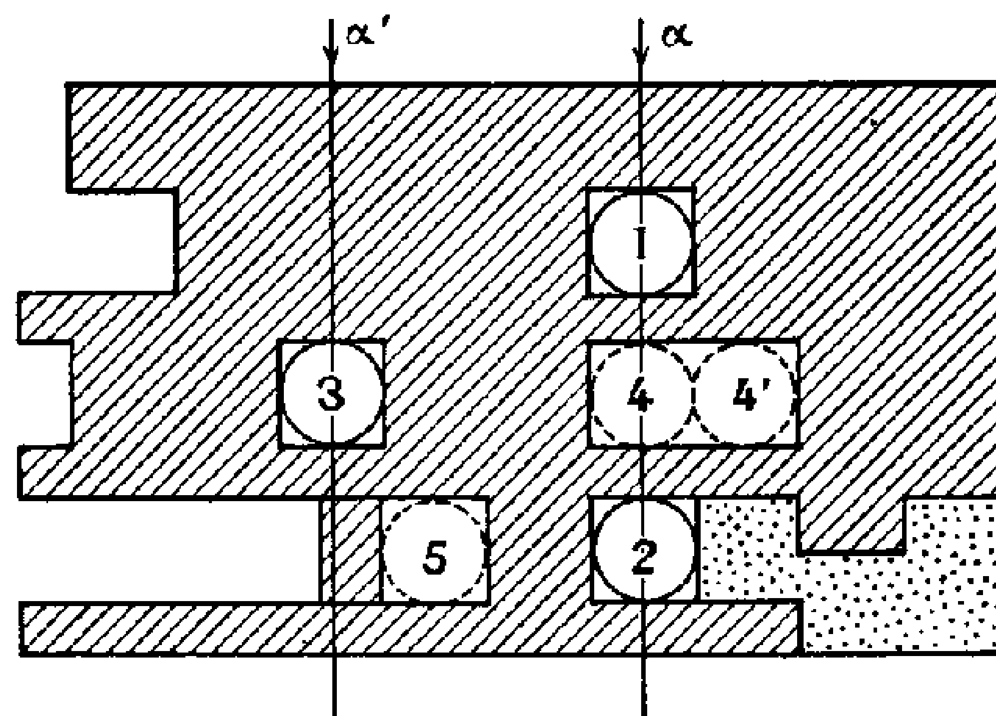


Fig. 2.

type d'effet secondaire des rayons cosmiques pénétrants, consistant dans l'émission de particules d'énergie et de nature variées, dont certaines douées d'un grand pouvoir pénétrant, dans des directions très fortement divergentes à partir d'un centre. Pour distinguer nettement les effets de tels phénomènes de ceux des particules pénétrantes simultanées, nous avons disposé une expérience comme l'indique le schéma ci-dessus (*fig.* 2). On enregistre les coïncidences triples de deux compteurs placés verticalement l'un au-dessus de l'autre [notés (1) et (2)], avec un troisième (3) situé à environ 15^{cm} de distance, les trois compteurs étant enfermés de toutes parts dans 5 ou 10^{cm} de plomb. En même temps sont enregistrées les coïncidences quadruples de ces trois compteurs avec un quatrième (4) situé entre les compteurs superposés. S'il s'agit de particules pénétrantes simultanées provenant de l'air, le quatrième compteur doit être actionné chaque fois qu'il y a coïncidence triple due à un couple vertical tel que $\alpha\alpha'$ (expérimentalement 18 quadruples pour 28 triples). Lorsque le quatrième compteur a été décalé de façon à sortir de la colonne verticale définie par les compteurs superposés (4'), les couples $\alpha\alpha'$ n'actionnent plus le quatrième compteur; pourtant le nombre de coïncidences quadruples ne baisse pas par rapport aux triples (17 quadruples sur 22 triples), comme il devrait le faire dans l'hypothèse des particules verticales peu accompagnées de secondaires (mésons).

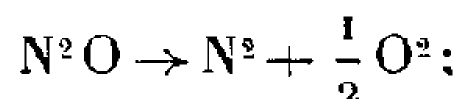
En mettant le quatrième compteur dans la position 5, on a enregistré encore 5 coïncidences quadruples sur 12 triples. Dans cet arrangement, il faudrait au moins trois particules simultanées parallèles et, pour expliquer un tel rendement, une densité de particules dures considérable (plusieurs dizaines au m^2). Cette densité d'énergie semblerait devoir être associée à des gerbes de l'air importantes. Or, trois expériences où le quatrième compteur était éloigné de 1 ou 3 mètres ont donné 0 coïncidence quadruple sur 14 triples. Cet effet semble donc dû à des particules isolées.

4. En conclusion, il faut admettre que les corpuscules responsables des coïncidences ne viennent pas simultanément de l'air, mais proviennent d'un centre local situé dans le plomb. Certaines d'entre elles sont très peu pénétrantes, comme le montre l'action absorbante de la cloison, d'autres sont capables de traverser plus de 10^{cm} de plomb. Elles doivent donc être très nombreuses dans chaque cas, les compteurs ayant une chance sur deux d'être touchés quelle que soit leur position. Ces explosions doivent être rapprochées des explosions nucléaires observées dans les émulsions photographiques, ainsi que des processus de *gerbes explosives* prévus théoriquement par Heisenberg et dont certains clichés Wilson de Fussel présentent sans doute des exemples.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la décomposition thermique du protoxyde d'azote.* Note de Mlle **Andrée Cheutin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le protoxyde d'azote N^2O est formé avec absorption de 20600 calories par molécule-gramme. Ce gaz est donc très instable à la température ordinaire, comme Priestley l'avait déjà constaté. Toutefois, sa décomposition thermique est progressive et non explosive. Il ne s'agit évidemment pas non plus d'une dissociation, car le phénomène n'est pas réversible.

Berthelot [1] a montré que la chaleur agit, d'autant plus vite que la température est plus élevée, en donnant de l'azote et de l'oxygène :



$$N^2O \rightarrow N^2 + \frac{1}{2}O^2;$$

à 520° la décomposition ne dépasserait pas 1,5 % après 30 minutes.

Hinshelwood et Bark [2] reprirent la question au point de vue cinétique chimique et considérèrent la réaction de décomposition comme bimoléculaire.

(1) *Comptes rendus*, 77, 1873, p. 1448.

(2) *Proc. Roy. Soc. London*, A, 106, 1924, p. 284.

Plus récemment, Briner et Wroczinski [3], puis Volmer [4], ont été amenés également, par la mesure de la vitesse de décomposition, à conclure qu'il s'agit, en réalité, d'une réaction monomoléculaire s'effectuant en deux temps :



$$N^2O \rightarrow N^2 + O \quad \text{et} \quad 2O \rightarrow O^2.$$

L'action catalytique du platine, niée par Hinshelwood, est reconnue par Briner.

Cette action a été étudiée spécialement par Praagh et Topley [5], elle augmente avec le temps, le platine devenant de plus en plus poreux.

Enfin Steacie et Mac Cubbin [6] constatent, en 1934, que la décomposition du protoxyde d'azote en ses éléments a lieu, entre 485 et 570°, en présence de platine et qu'elle est plus retardée par l'oxygène formé dans la réaction que par ce même gaz introduit au début de l'expérience.

En étudiant l'influence de différents gaz sur la dissociation du carbonate de chaux, j'ai été amenée à constater la décomposition du protoxyde d'azote à une température inférieure à celle pour laquelle la calcite commence à abandonner de l'anhydre carbonique. Je résume ici les observations et les mesures faites à cette occasion.

L'appareil utilisé est constitué par un tube de porcelaine imperméable aux gaz, même à température élevée, relié par un rodage et par une canalisation en verre pyrex, à un manomètre à mercure et à une trompe à chute.

Le chauffage par résistance électrique est maintenu à température constante par un régulateur actionné par un couple chromel-alumel maintenu à l'extérieur du tube de porcelaine. Un couple intérieur, en platine, relié à un galvanomètre de précision, indique la température réelle du gaz. Ce dernier conservé, à l'état liquide, dans une bouteille d'acier pourvue d'un détenteur, est introduit par un ajutage latéral.

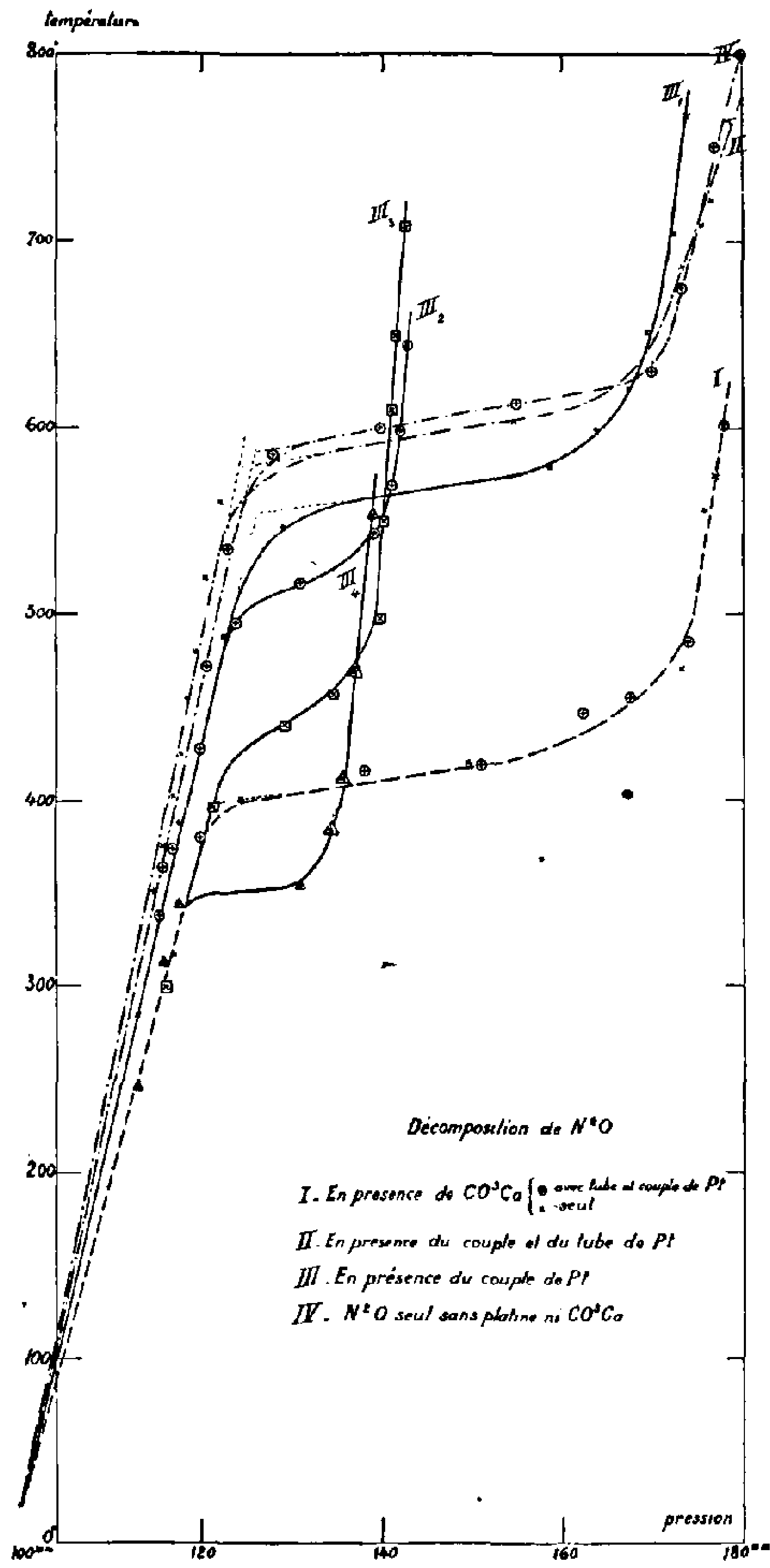
Les expériences ont lieu à volume constant. La pression est mesurée en fonction de la température et la dissociation est mise en évidence par une augmentation de pression. L'analyse des gaz, extraits à haute température, indique le taux de décomposition.

---

(3) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 1324; *J. Chim. phys.*, 23, 1926, p. 609.
(4) Volmer et Kummerow, *Zeits. Phys. Chem.*, B, 149, 1930, p. 141.
(5) *Trans. Faraday Soc.*, 27, 1931, p. 312.
(6) *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 585.

	I.	II.	III.				IV.
Décomposition...	$N^2O + CO^3Ca$.	N^2O.	N^2O ([b]).				N^2O.
	([a]).	([a]).	(1).	(2).	(3).	(4).	
Température (° C.)...	400	575	555	500	425	350	600
Taux de décomposition (%)..........	100	100	100	90	78	72	-

([a]) + tube de Pt + couple de Pt; ([b]) + couple de Pt.



On peut conclure que le platine, non préalablement chauffé en présence de protoxyde d'azote, n'a qu'une action catalytique très faible, mais cette

action catalytique croît à l'usage, ce qui se manifeste par l'abaissement de la température de la réaction. Toutefois la décomposition est de moins en moins complète, du fait que l'oxygène libéré entrave la réaction.

Le carbonate de calcium a un pouvoir catalytique notable si l'on prend comme critérium du pouvoir catalytique l'abaissement de la température de décomposition.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur le mécanisme de combustion des mélanges oxhydriques aux faibles pressions en présence d'oxyde de carbone.* Note de M. **Marcel Prettre.**

Les mesures résumées dans une précédente Note ([1]) ont montré que, dans certaines conditions de concentrations, les mélanges d'hydrogène, d'oxyde de carbone et d'oxygène réagissent selon un mécanisme en chaînes dont la vitesse W satisfait à la relation

$$W = k.\frac{(CO).(H^2)}{1 + 0,48.(H^2)},$$

(CO) et (H^2) représentant les pressions partielles des combustibles. La concentration en oxygène (toujours en fort excès par rapport à l'hydrogène mais non à la somme des combustibles) n'influe pas sur cette vitesse.

L'intervention de la pression d'hydrogène dans l'équation précédente est identique à celle observée dans de nombreuses réactions hétérogènes, dont l'ordre, par rapport à un réactif, est compris entre zéro et l'unité. Il est donc logique d'envisager une intervention hétérogène dans cette réaction en chaînes. Cette action ne peut s'exercer que sur la réaction initiale des chaînes et est régie par le volume d'hydrogène adsorbé.

Cette conclusion doit être rapprochée des faits suivants qui la confirment :

1° L'hydrogène est fortement adsorbé par les parois vitreuses aux mêmes températures ([2]); l'adsorption exige une très forte énergie d'activation, elle doit correspondre à la présence d'hydrogène atomique en phase adsorbée, c'est-à-dire à la réaction



(1) $$H^2_{(g)} = 2\,H_{(ads.)};$$

2° Cette adsorption et la combustion du gaz tonnant aux faibles

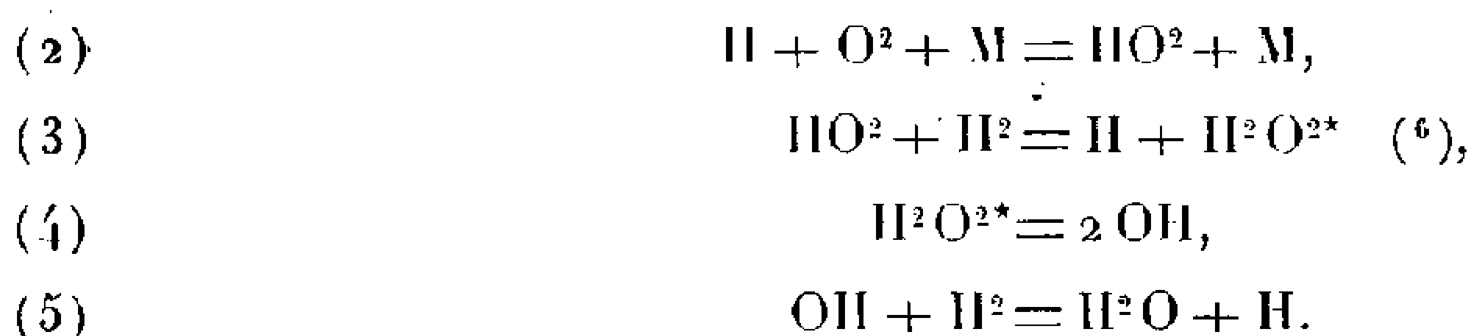
([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1090.

([2]) Williamson, *J. Am. Chem. Soc.*, 55, 1933, p. 1457.

pressions dépendent beaucoup de la nature et de l'état des parois vitreuses ([3]);

3° Des traces d'hydrogène atomique provoquent aisément l'explosion des mélanges oxhydriques ([4]).

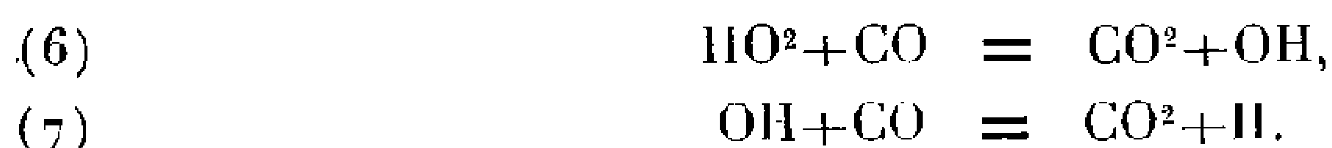
Il est donc plausible d'admettre que la réaction initiale des chaînes dépend de l'adsorption activée d'hydrogène et consiste en l'évaporation très peu fréquente d'hydrogène atomique. Pour le gaz tonnant pur, Hinshelwood et Williamson ([5]) envisagent le mécanisme suivant de propagation des chaînes :



$$(2) \qquad H + O^2 + M = HO^2 + M,$$
$$(3) \qquad HO^2 + H^2 = H + H^2O^{2*} \quad ([6]),$$
$$(4) \qquad H^2O^{2*} = 2\,OH,$$
$$(5) \qquad OH + H^2 = H^2O + H.$$

Cette chaîne ramifiée à chaque maillon entraîne l'explosion, sauf quand une élévation de pression augmente assez la fréquence des chocs triples qui interrompent les chaînes.

En présence de grandes quantités d'oxyde de carbone et de peu d'hydrogène, le premier de ces combustibles se substitue au second dans la propagation des chaînes qui sont alors essentiellement le fait des réactions



$$(6) \qquad HO^2 + CO = CO^2 + OH,$$
$$(7) \qquad OH + CO = CO^2 + H.$$

Il est clair que, lorsque la réaction (6) remplace les réactions (3) et (4), la ramification ne se produit plus; l'explosion du gaz tonnant pur aux basses pressions fait place à l'oxydation lente des mélanges ternaires.

Le schéma des réactions (1), (2), (6) et (7) est en bon accord avec la relation cinétique (1) fournie par l'expérience. La vitesse d'un processus en chaînes non ramifiées est égale au produit de la vitesse de la réaction initiale par la longueur moyenne des chaînes. La réaction initiale est essentiellement fonction du volume V d'hydrogène adsorbé qui est donné

([3]) PRETTRE, *J. Chim. Phys.*, 33, 1936, p. 189; *Réactions en chaînes*, première partie, Paris, 1936, p. 34.

([4]) FARKAS, HABER et HARTECK, *Zeits. Elektrochem.*, 36, 1930, p. 711.

([5]) *The Reaction between Hydrogen and Oxygen*, Oxford, 1934, p. 68.

([6]) L'astérisque indique que la molécule d'eau oxygénée est fortement activée.

par l'isotherme de Langmuir

$$V = k_0 \frac{(H^2)}{1 + a(H^2)}. \tag{2}$$

La longueur moyenne L des chaînes, à une température et dans un récipient réactionnel donnés, est principalement régie par la vitesse de la réaction de propagation la moins probable, qui est ici la réaction (7). La longueur L est donc proportionnelle à la pression d'oxyde de carbone

$$L = k_1(CO). \tag{3}$$

La vitesse W de combustion prévue par le schéma précédent est donc

$$W = k_2 VL = k \frac{(CO)(H^2)}{1 + a(H^2)}, \tag{4}$$

expression identique à la relation expérimentale (1) si $a = 0,48$.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage pondéral du fluor à l'état de fluorure de bismuth.* Note de M. **Louis Domange**, présentée par M. Paul Lebeau.

Le fluorure de bismuth F^3Bi possède un ensemble de propriétés qui en font un composé du fluor utilisable pour le dosage pondéral de ce métalloïde.

Le fluorure de bismuth se présente sous l'aspect d'une poudre blanche très peu soluble dans l'eau. Sa solubilité est en effet inférieure à celle du fluorure de calcium habituellement utilisé. Il est soluble dans des milieux acides, mais, en effectuant le dosage de façon convenable, on peut amener cette solubilité à une valeur négligeable. Contrairement aux autres composés du bismuth, le fluorure n'est pas hydrolysable, il est stable en milieu aqueux. D'autre part son poids moléculaire relativement élevé est particulièrement favorable. Enfin, avantage sérieux sur le fluorure de calcium, sa séparation et son lavage sont faciles.

Pour éviter soit l'hydrolyse du réactif précipitant par défaut d'acidité, soit la solubilisation du fluorure de bismuth par suite au contraire d'un excès d'acidité, il faut opérer dans des conditions bien précises.

Le réactif est préparé de la façon suivante :

Laver rapidement 50^g de nitrate $(NO^3)^3Bi, 5OH^2$ avec 10^{cm^3} d'acide acétique. Mélanger 100^{cm^3} d'eau et 20^{cm^3} d'acide acétique. Dissoudre à

froid 10g de nitrate de bismuth purifié dans 100 cm³ de la liqueur précédente. La dissolution se fait en une heure environ. Un centimètre cube correspond sensiblement à 0g,114 de fluor.

Le mode opératoire pour le dosage peut être ainsi brièvement résumé. La solution de fluorure à doser doit être préalablement neutralisée. Prendre une prise d'essai contenant de 0g,20 à 0g,25 de fluor, la verser dans un vase en résine synthétique du type bakélite ou en argent. Amener le volume à 125 cm³. Ajouter 5 gouttes d'acide acétique. Le pH est alors voisin de 6,5 (papier indicateur). Verser le réactif à froid, goutte à goutte, en agitant, et en quantité telle qu'il soit en léger excès. Laisser décanter une heure ou deux. Filtrer sous vide, laver avec 10 cm³ d'acide acétique à 2,5 %, puis à l'eau. Sécher 1 heure et demie à 2 heures à l'étuve à 100°. Peser sans calciner. On ne peut utiliser ce dosage en présence de composés bismuthiques susceptibles d'être hydrolysés dans le milieu où l'on opère, tels que chlorures, bromures, iodures, sulfates et phosphates.

Voici les résultats obtenus à partir de quantités connues de fluorure de potassium pur :

Essai.	F mis en solution.	F trouvé.	Erreur relative %.
1	0,2175	0,2174	−0,05
2	0,2152	0,2150	−0,1
3	0,2230	0,2235	+0,25
4	0,2097	0,2095	−0,1

Ainsi conduit, le dosage pondéral du fluor assure une précision de deux à trois millièmes au moins. Il est donc susceptible de rendre de réels services dans les recherches concernant la chimie du fluor.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Photodichroïsme de* NaCl *coloré.* Note de M. Serge Nikitine, présentée par M. Aimé Cotton.

Rappelons les propriétés essentielles des cristaux colorés d'halogénures alcalins purs étudiés notamment par Hilsch et Pohl [1].

Les cristaux purs des halogénures alcalins, généralement incolores, peuvent être colorés par divers traitements (action de la lumière ultraviolette, des rayons X et γ, bombardement par électrons etc.) ou par chauffage en présence du métal alcalin contenu dans le cristal. La

[1] Voir R. W. Pohl, *Phys. Z.*, 39, 1938, p. 36.

coloration, attribuée à un excès d'ions métalliques en position irrégulière dans le cristal (centres F), est due à l'apparition d'une bande d'absorption dans le visible, que Pohl appelle *bande F*. Si l'on insole le cristal coloré par des radiations de fréquences telles que F les absorbe, cette bande pâlit : un certain nombre des centres F reviennent à l'état incolore, d'autres, par contre, sont transformés en centres F′ qui donnent lieu à une nouvelle bande d'absorption moins intense et de fréquences plus faibles. Les bandes F et F′ se séparent à basse température. Le nombre de centres F′ ainsi formés, toutes autres choses étant égales, varie d'un corps et d'un cristal à un autre. Les centres F′ sont susceptibles de revenir à l'état F sous l'effet de la chaleur, ou si on les insole à nouveau par des radiations appropriées.

On a souvent cherché à rapprocher les propriétés photochimiques des halogénures alcalins de celles des halogénures d'argent ([2]). D'autre part on peut rapprocher les propriétés des centres F de celles de colorants qui pâlissent à l'insolation. Il m'a donc paru intéressant de rechercher si les halogénures alcalins pouvaient présenter le photodichroïsme.

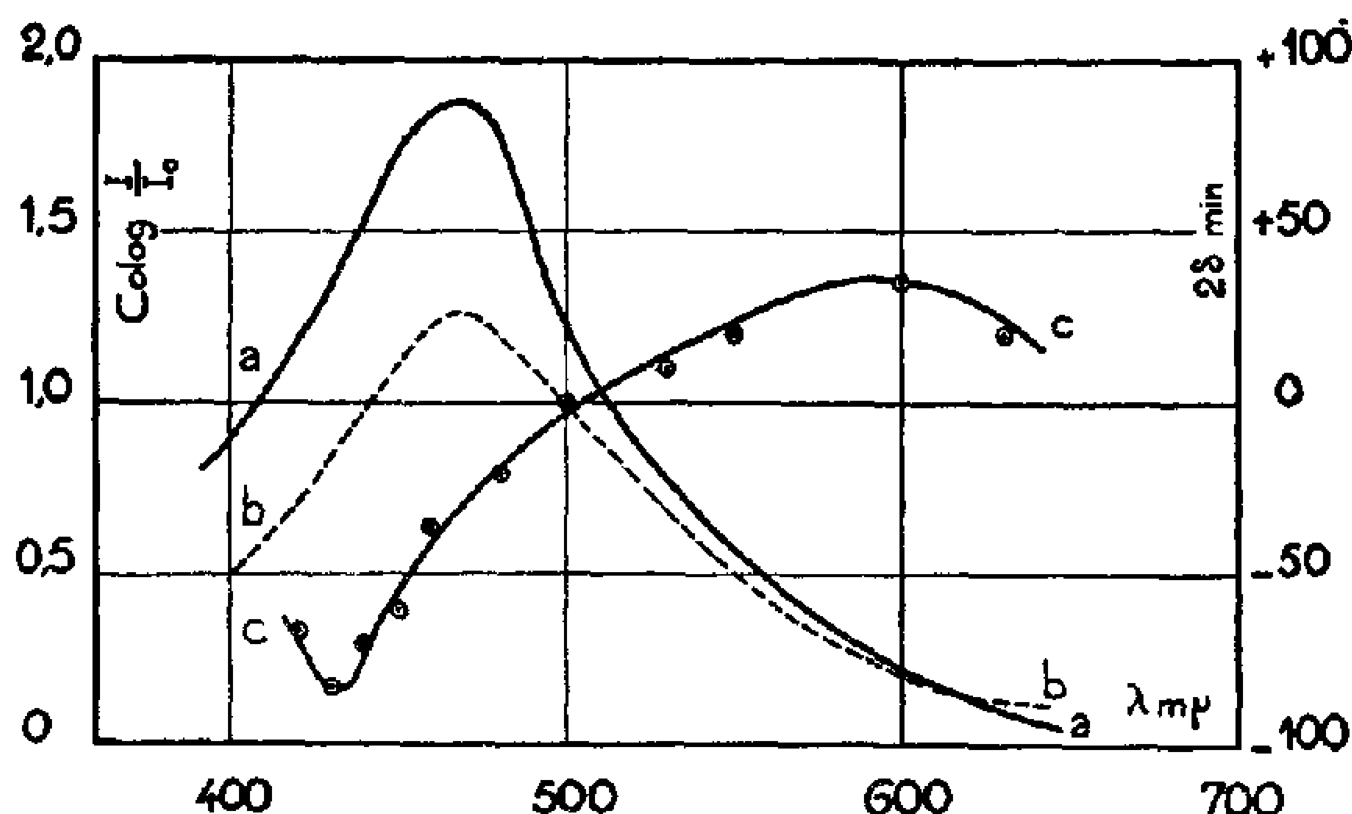
Des cristaux de NaCl, préparés par fusion et polis optiquement, ont été soumis aux rayons β et γ du radium et ont acquis ainsi une coloration brune. Je les ai ensuite étudiés comme je l'avais fait pour des couches colorées avec un colorant photosensible ([3]). Après insolation pendant quelques minutes, par la lumière (radiation totale) d'une lampe à haute pression de mercure (SP. 500) polarisée rectilignement, ces cristaux pâlissent fortement et deviennent dichroïques. On a reproduit sur la figure les courbes d'absorption pour NaCl coloré avant l'insolation (courbe *a*) et après l'insolation (courbe *b*); enfin la courbe *c* indique la variation du photodichroïsme en fonction de la longueur d'onde. On a obtenu aussi des dichroïsmes plus marqués (2δ atteignant, par exemple, pour $0^{\mu},43$, 2°). Mais le dichroïsme relatif $(K_x - K_y)/K_0$ est faible (de l'ordre de $-0,02$). Les mesures précises présentent des difficultés à cause des défauts des surfaces optiques des lames étudiées et des biréfringences accidentelles que peuvent présenter ces lames. D'autres halogénures alcalins présenteront sans doute le phénomène.

Sans chercher, ce qui serait prématuré, une théorie complète, on peut expliquer en gros les choses de la façon suivante. Soient *ox* la direction de

([2]) MEIDINGER, *Ergebnisse der angewandten physikalischen Chemie*, 5.

([3]) *Ann. de Phys.*, 11e série, 15, 1941, p. 284.

vibration du vecteur électrique de la lumière d'insolation, et *oz* la direction des rayons lumineux. J'ai montré ([4]) que pour un photodichroïsme obtenu par *pâlissement*, on avait $K_y > K_x$, où K_y et K_x sont les coefficients d'absorption d'une vibration vibrant respectivement parallèlement à *oy* et *ox*. On peut montrer que pour un photodichroïsme obtenu par *coloration* photochimique (comme c'est le cas pour la bande F'), on a au contraire $K_y < K_x$. En effet dans le premier cas les oscillateurs parallèles à *ox* pâlissent de préférence et par conséquent $K_x < K_y$ après l'insolation; dans le deuxième cas au contraire ces oscillateurs donnent lieu de préférence à la nouvelle coloration, de sorte que dans la nouvelle bande d'absorption $K_x > K_y$. En considérant les propriétés des bandes F et F' rappelées au début de cette Note, il n'est pas douteux que le photodichroïsme observé est la différence de deux effets de signes contraires dont l'un prédomine dans le bleu, l'autre dans l'orangé. Des effets analogues avaient été observés ([5]) avec les halogénures d'argent, et il est probable que la même explication est valable pour ces corps.



AÉROLOGIE. — *Sur la pente de la tropopause et ses variations.* Note ([1]) de M. **Louis Cagniard**, présentée par M. Charles Maurain.

J'ai proposé ([2]) d'assimiler la tropopause à une surface de discontinuité du second ordre, au travers de laquelle la température et la vitesse du vent

([4]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 973; 206, 1938, p. 1219; 207, 1938, p. 331.
([5]) Voir en particulier J.-P. Mathieu, *Rev. Opt.*, 9, 1930, p. 353.

([1]) Séance du 30 juin 1941.
([2]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 360.

sont continues, leurs dérivées discontinues. Je montrais que l'inclinaison de la tropopause sur les surfaces de niveau pouvait alors être calculée à partir des résultats d'un sondage usuel.

Le calcul de cette inclinaison offre un double intérêt. Pour connaître la topographie instantanée de la tropopause, on ne dispose que des altitudes relevées en chaque station aérologique. La densité de ces stations étant faible, le calcul de l'orientation du plan tangent accroîtrait utilement la précision. D'autre part il existe vraisemblablement une étroite relation entre les anomalies de la pente de la tropopause et la position des grandes perturbations de l'atmosphère. Aussi la constatation locale d'une telle anomalie pourrait-elle fournir une donnée précieuse en vue de la prévision du temps.

Pour un contrôle expérimental de mes formules, je ne dispose malheureusement pas des listes de sondages publiées par la Commission Aérologique internationale. Elles permettraient de calculer la pente de la tropopause, d'une part d'après les altitudes relevées simultanément en trois stations rapprochées, d'autre part d'après les résultats de chaque sondage pris isolément. Le premier calcul exige une détermination précise des altitudes, car les pentes sont faibles (quelques millièmes au plus). Le second exige de connaître la variation de la vitesse du vent en altitude avec une précision inhabituelle. C'est pourquoi un contrôle très précis, impraticable aussi dans les circonstances actuelles, exigerait l'exécution d'une série de sondages simultanés en trois stations distantes de 200 à 300^{km}. Dans chaque station, les météorographes seraient *du même type*. Leur étalonnage, le dépouillement de leurs inscriptions seraient effectués par *la même personne*. Les ballons seraient visés *en permanence* à l'aide de théodolites pourvus de dispositifs d'enregistrement.

A défaut d'un contrôle véritable, je peux cependant justifier mes formules, dans une certaine mesure, en vérifiant que les pentes qu'elles permettent de calculer sont de l'ordre de grandeur auquel on doit s'attendre.

Je reprends ici les notations de ma Note précédente. On admet que la tropopause moyenne est de révolution. D'après Dedebant et Wehrlé [3], son altitude moyenne serait 11^{km},3 à la latitude 45°, 10^{km},4 à la latitude 50°. Dans nos régions, la pente moyenne $\partial z/\partial x$ serait donc de l'ordre de $1,6.10^{-3}$ (peut-être à 30 ou 40 % près). D'autre part, en utilisant les

(3) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 346.

publications de la C. I. A. S., M. Maurain a pu établir la valeur moyenne de la vitesse du vent dans le NW de l'Europe jusqu'à l'altitude de 19km. Cette vitesse augmente à peu près proportionnellement à l'altitude entre 1 et 11km. A 11km, elle présente un maximum, avec point anguleux très net (4). Si j'adopte enfin la loi moyenne de variation des températures en fonction de l'altitude, admise par la S. T. A. F. pour définir l'atmosphère standard, je dispose des données nécessaires pour calculer la pente moyenne de la tropopause dans nos régions $[(\partial z/\partial x) = 1{,}24 \,.\, 10^{-3}]$, sous cette réserve que les nombres adoptés soient vraiment représentatifs de la moyenne; les résultats sont inscrits dans le tableau ci-dessous.

	Sondage moyen.	14 juillet 1924.	15 juillet 1924.
Alt. de la tropopause (m)....	11000	12380	13280
T..........................	216,5	219,3	213,7
$\frac{\partial T}{\partial z}$ troposphère	$-6{,}50 \,.\, 10^{-5}$ C.G.S.	$-7{,}02 \,.\, 10^{-5}$	$-6{,}52 \,.\, 10^{-5}$
$\frac{\partial T}{\partial z}$ stratosphère	0	0	0
v (m/sec)..................	15,6	27,2	13,8
$\frac{\partial v}{\partial z}$ troposphère............	$1{,}06 \,.\, 10^{-3}$ C.G.S.	$-0{,}27 \,.\, 10^{-3}$	$2{,}50 \,.\, 10^{-3}$
$\frac{\partial v}{\partial z}$ stratosphère............	$-1{,}80 \,.\, 10^{-3}$ »	$-4{,}67 \,.\, 10^{-3}$	$-6{,}39 \,.\, 10^{-3}$
$\frac{\partial z}{\partial x}$......................	$1{,}24 \,.\, 10^{-3}$	$1{,}84 \,.\, 10^{-3}$	$3{,}42 \,.\, 10^{-3}$

Le même tableau résume le calcul de la pente pour deux sondages intéressants effectués à Bar-le-Duc les 14 et 15 juillet 1924 (5), à une époque où la situation isobarique subissait une profonde et rapide évolution. Le 13 juillet, l'anticyclone des Açores s'étend sur la France et l'Angleterre. Dès le 17, une aire dépressionnaire très vaste englobe toute la moitié nord et le centre de l'Europe. Simultanément $\partial z/\partial x$ s'accroît de $1{,}8 \,.\, 10^{-3}$ le 14 à $3{,}4 \,.\, 10^{-3}$ le 15. Le 16, l'irrégularité de la vitesse du vent devient telle que j'ai dû renoncer au calcul de ses dérivées. Les jours suivants, la vitesse du vent n'est pas connue (ciel couvert); la tropopause, fortement perturbée, présente l'anomalie IV de Schmaus. L'altitude de la tropopause s'élève de 900m du 14 au 15, s'abaisse de 1850m du 15 au 16, s'abaisse encore de 2380m du 15 au 19, date à laquelle l'anomalie de Schmaus a disparu.

Le calcul de $\partial z/\partial y$, pour les sondages de Bar-le-Duc, est beaucoup plus

(4) Cf. Angot, *Météorologie*, 4e édition, Paris, 1928. Note de Brazier, p. 391, fig. 112.

(5) *Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Annuaire*, 1924.

incertain du fait que le vent est sensiblement d'Ouest et que les variations de sa direction ne sont cataloguées que de 5° en 5°, avec une erreur possible de plusieurs degrés. $\partial z/\partial y$ semble cependant être de l'ordre de 10^{-3} le 14, de 4.10^{-3} le 15. Ainsi la ligne de plus grande pente de la tropopause semble pouvoir s'écarter notablement (de plus de 45°) de sa direction moyenne Sud-Nord.

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Recherches expérimentales sur la polarité des tissus de la racine d'Endive.* Note de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Nous avons récemment signalé ([1]) qu'une tranche isolée d'Endive produit des racines, des cals et des bourgeons. Les cals et les racines se forment sur la face apicale du fragment, c'est-à-dire sur la face qui est tournée vers la pointe de la racine lorsque la tranche fait encore partie de cette dernière. Les bourgeons se forment au contraire presque exclusivement sur la face supérieure de la tranche, qui, selon l'orientation de cette dernière par rapport au milieu de culture, correspond soit à la face apicale, soit à la face proximale. La polarité semble donc être modifiée par les conditions extérieures, et l'on pourrait supposer que la position des bourgeons est conditionnée par la direction de la pesanteur. Nous avons essayé d'éclaircir ce problème au moyen d'expériences analogues à celles effectuées antérieurement sur la Carotte ([2]).

Nous avons tout d'abord essayé de mettre en évidence la polarité propre des tissus telle qu'elle se manifeste en l'absence de facteurs capables de la troubler. Pour cela nous avons découpé des prismes d'Endive dont l'axe était parallèle à l'axe de la racine elle-même. Ces fragments étaient couchés sur un milieu nutritif gélosé, d'une manière telle que leur axe était parallèle à la surface du substratum, c'est-à-dire horizontal. Les faces apicales et proximales étaient ainsi soumises à des conditions identiques, qu'il s'agisse de la direction de la pesanteur ou de leur position par rapport au milieu nutritif. Dans ces conditions, les prismes de tissu ont produit des bourgeons sur leur face proximale et des racines sur leur face apicale. Des cultures placées sur un clinostat ont fourni des résultats

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1098.
([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 15.

semblables. Les tissus de la racine d'Endive présentent donc une polarité naturelle analogue à celle bien connue des tiges de Saule.

Nous avons eusuite fait varier l'action de la pesanteur en donnant à des cultures identiques aux précédentes des orientations différentes, telles que leurs axes fassent avec la verticale des angles compris entre 0 et 180°. Les bourgeons se sont constamment formés sur la face proximale, même lorsque celle-ci était tournée vers le bas. Dans ce dernier cas les tiges provenant des bourgeons manifestaient un géotropisme négatif et se redressaient rapidement, poussant ainsi vers le haut. La pesanteur ne modifie donc pas la polarité du bourgeonnement.

Nous avons alors cherché si l'orientation des tissus par rapport au milieu de culture modifie cette polarité. Dans ce but, des prismes de racine furent immobilisés sur des supports en fil de fer maintenant leur axe horizontal. Leur face apicale ou proximale était alors appliquée contre une paroi verticale de gélose nutritive; les tissus étaient ainsi soustraits à l'action de la pesanteur, tandis que le milieu nutritif agissait à volonté sur l'une ou l'autre de ses faces. Tout fragment dont la face apicale était appliquée contre la gélose a produit des bourgeons uniquement sur la face proximale, c'est-à-dire à l'opposé du milieu de culture; 10 % des prismes qui étaient appliqués contre le substratum par leur face proximale ont formé des bourgeons sur cette face, c'est-à-dire au contact du milieu de culture; 40 % des mêmes cultures ont formé des bourgeons sur leur face apicale à l'opposé du milieu de culture; enfin 50 % des prismes orientés de la même manière ont produit des bourgeons latéralement en dehors du milieu de culture, mais au voisinage de celui-ci. Le contact du milieu de culture inhibe donc le développement des bourgeons et, s'il modifie apparemment la polarité, c'est simplement par suite d'une action locale. Nous avons combiné différentes orientations des tissus par rapport à la pesanteur et au milieu de culture, mais les résultats n'ont pas varié.

Ces expériences ont été réalisées sur la Chicorée de Bruxelles ou Endive. La Chicorée à grosse racine, appelée communément Chicorée à café, ne nous a pas donné de résultats aussi nets, car la polarité de ses tissus est peu marquée. Des tranches de racine de cette variété de Chicorée se développent en effet d'une manière très rapide, mais les cals et les bourgeons se forment en des points quelconques des fragments.

Enfin, nous avons recherché si la circulation d'hétéro-auxine, dans les tissus d'Endive, présente une polarité grâce à des expériences identiques à celles réalisées sur la Carotte ([2]). Pour cela des prismes de racine d'Endive

ont été placés debout à la surface d'un milieu gélosé additionné de 0,001 % d'acide indol-β-acétique, ou 0,00001 % d'acide naphtalène-acétique. Les prismes reposant sur la gélose par leur face proximale ont formé, sur leur face apicale éloignée du substratum, de nombreuses racines, mais pas de bourgeons. Au contraire, les fragments appliqués contre le milieu par leur face apicale ont produit, sur leur face proximale, des bourgeons, mais pas de racines. Ces expériences prouvent que la circulation des hétéro-auxines est polarisée et s'opère dans le sens feuilles-racines quelles que soient les conditions extérieures. D'ailleurs, cette polarité de circulation, qui est une propriété cellulaire, possède une signification plus précise que la polarité du développement des racines et des tiges qui peut être troublée par des actions locales.

En résumé, nos expériences prouvent que les tissus de la racine d'Endive présentent une polarité qui se traduit : 1° par une direction privilégiée de la circulation des hétéro-auxines, qui s'opère dans le sens feuilles-racines; 2° par le développement de racines sur la face apicale de tranches isolées et celui de bourgeons sur la face proximale. Le contact d'un milieu aqueux, agissant localement, modifie la position des bourgeons sans entraîner cependant de modifications réelles de la polarité.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Rhamnacées. Développement de l'embryon chez le* Rhamnus Frangula *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'examen du *Ceanothus azureus* (¹) nous a donné les premières indications sur le mode de développement de l'embryon chez les Rhamnacées. Un deuxième exemple, le *Rhamnus Frangula*, assez voisin du précédent, va nous permettre de nous faire une idée plus exacte des caractères embryogéniques généraux de la famille.

La cellule apicale du proembryon bicellulaire (*ca, fig.* 1) se segmente, d'une manière à peu près constante, par une paroi plus ou moins inclinée, séparant deux éléments, *a* et *b*, de forme et de dimensions assez dissemblables. L'élément *a*, comprenant le pôle embryonnaire, se divise par une cloison également oblique et donne naissance, au sommet, à une cellule qui a valeur d'un quadrant et qui se comporte comme une cellule épiphysaire (*e, fig.* 8). Les figures 14, 15, 16, 18 à 24 montrent comment procèdent les divisions dans la cellule épiphysaire; on ne peut, à cet égard,

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1673.

établir de règles fixes. Les deux cellules-filles de *b* et la cellule-sœur de l'épiphyse, représentant les autres quadrants, engendrent la partie cotylée *sensu stricto*, c'est-à-dire les cotylédons et les initiales de la stèle au sommet caulinaire. Les premières segmentations, dont ces éléments sont le siège, peuvent s'observer aisément dans la majorité des cas : elles sont quelquefois périclines (*fig.* 13 à d., 14, 15, 16 à g.), le

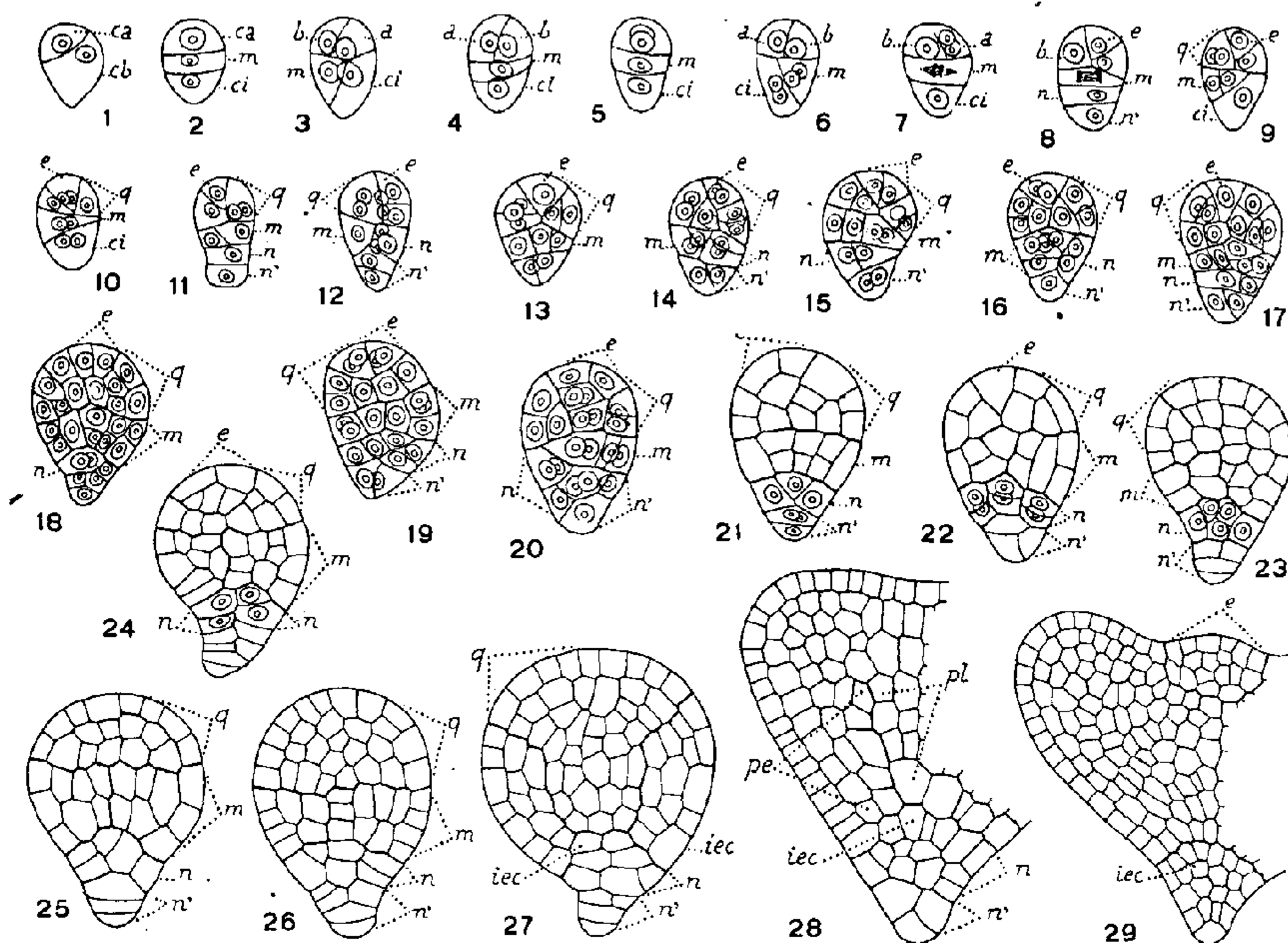


Fig. 1 à 29. — *Rhamnus Frangula* L. — Les principaux stades du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de *ca*; *e*, épiphyse; *q*, quadrants ou partie cotylée *sensu lato*; *m*, cellule-fille supérieure de *cb* ou groupe cellulaire qui en dérive; *ci*, cellule-fille inférieure de *cb* ou groupe cellulaire qu'elle produit; *n* et *n'*, cellules-filles de *ci* ou groupes cellulaires qui en sont issus; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce au sommet radiculaire. G. = 300; 160 pour la figure 29.

plus souvent horizontales ou verticales. Les divisions suivantes sont difficiles à suivre et à bien déterminer, d'autant plus que les sections longitudinales des formes ne peuvent être rigoureusement axiales ni correspondre toujours aux mêmes plans méridiens. Au terme de la vie proembryonnaire, les limites entre les premiers blastomères ne peuvent être distinguées (*fig.* 27 à 29),

Parfois, la cellule apicale se divise par des parois verticales faisant apparaître quatre quadrants disposés dans un plan horizontal; dans ce cas, l'épiphyse procède de la segmentation transversale de l'un ou de deux de ces quadrants.

La cellule basale (*cb*, *fig.* 1) se segmente quelquefois par une paroi transversale pour donner deux cellules superposées, *m* et *ci* (*fig.* 2); le plus souvent toutefois elle

prend une paroi oblique séparant deux cellules à peu près placées l'une à côté de l'autre (*fig.* 3). Dans le premier cas, les segmentations se succèdent comme le montrent les figures 7, 8, 11, 13, 17, 21 : la cellule *m*, par cloisons d'abord verticales, puis horizontales, produit deux étages cellulaires (*fig.* 18, 21, 22), aux dépens desquels s'édifie la partie hypocotylée; la cellule *ci* se segmente transversalement pour donner deux nouveaux éléments superposés, *n*, qui donnent naissance à une hypophyse véritable, et *n'*, qui engendre un court suspenseur. Dans le deuxième cas, la cellule *ci* se cloisonne obliquement (*fig.* 6, 10, 12); sa cellule-fille supérieure *n*, avec l'élément *m*, participe à la construction de l'hypocotyle et donnerait, en outre, l'hypophyse; sa cellule-fille inférieure, *n'*, se segmentant d'abord transversalement (*fig.* 12, 21) ou obliquement (*fig.* 17, 19), engendre le suspenseur. Il est difficile, étant données les directions obliques des parois qui se succèdent dans les blastomères issus de *m* et de *ci*, de suivre exactement la marche de la segmentation et de déterminer avec certitude les portions du corps que ces blastomères contribuent à édifier. De l'étroite comparaison de formes prises à des stades à peu près semblables, il résulte que, chez les formes irrégulières, comme chez celles qui se montrent régulièrement construites, la cellule *n*, fille supérieure de *ci*, non seulement contribue, avec l'élément *m*, à la construction de la partie hypocotylée, mais produit aussi une hypophyse véritable, génératrice des initiales de l'écorce au sommet radiculaire et de la portion médiane de la coiffe (*fig.* 27). Dans tous les cas, la cellule-fille inférieure de *ci*, *n'*, donnerait naissance à un court suspenseur.

Somme toute, les règles qui président au développement de l'embryon, chez le *Rhamnus Frangula*, sont moins nettes et moins constantes que celles qui ont pu être établies au sujet du *Ceanothus azureus*, les variations dépendant surtout du mode de cloisonnement de la cellule basale du proembryon bicellulaire. On peut néanmoins assister à la construction de certaines formes très régulières qui permettent de conclure que les caractères embryogéniques de la Bourdaine sont fondamentalement les mêmes que ceux qui ont été observés chez le *Ceanothus* et qui ont été nettement définis au sujet des Potentillées [2]. Dès maintenant, on peut par conséquent admettre, avec de plus grandes chances de certitude, que les Rhamnacées se rattachent au type embryonomique du *Geum urbanum* [3].

---

[2] R. Souèges, *Comptes rendus*, **174**, 1922, pp. 1070 et 1197; **200**, 1935, p. 1972; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **70**, 1923, p. 645.

[3] R. Souèges, *Embryogénie et classification*, II, p. 81, Paris, 1939.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *La ségrégation des sexes et de quelques caractères somatiques chez le* Podospora anserina. Note de M. **Georges Rizet**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Le *Podospora anserina* est représenté dans nos collections par un certain nombre de souches monospores, nées de spores uninucléées, et qui appartiennent à plusieurs races : la forme *normale*, issue de périthèces sauvages et plusieurs formes nouvelles nées par mutation en culture, les formes *albinos*, *incolore*, *pulverulens* et *nana*. Deux de ces dernières, *incolore* et *nana*, ont déjà été décrites ([1]); les deux autres, *pulverulens* et *albinos*, ne colorent pas non plus les milieux de culture, mais, alors que le mycélium *albinos* ressemble beaucoup au mycélium *normal*, le mycélium *pulverulens* se rapproche du mycélium *nana*, offrant seulement une croissance plus exubérante.

L'étude de confrontations fertiles *normal* X *incolore* et *normal* X *nana* ([1]), ([2]) nous a permis d'observer une ségrégation très nette, du type mendélien, dans des asques normaux tétrasporés appartenant à deux groupes distincts : les uns fournissent 4 souches identiques contenant en puissance les caractères des deux parents; les autres, plus rares, fournissent 2 souches semblables à l'un des parents et 2 souches semblables à l'autre parent; à chacun de ces types correspondent aussi des asques anormaux que l'on se représente facilement.

L'existence de deux races nouvelles nous a permis de réaliser diverses confrontations fertiles en rapprochant de toutes les manières possibles ces 5 types de mycéliums différents. Nous avons, dans chacun de ces cas, fait l'analyse génétique d'un grand nombre d'asques par la méthode des cultures monoascospores, en repérant, le plus souvent possible, la place de chacune des spores dans les asques.

Cette étude nous a permis de compléter utilement nos précédentes observations et aussi de faire quelques observations nouvelles :

1. Chacune de ces confrontations nous a fourni des asques anormaux contenant en particulier des spores uninucléées; ces spores nous ont permis d'obtenir des souches *unisexuées*, *self-stériles*, des haplontes, semblables à l'un ou à l'autre parent; un même asque anormal peut fournir les deux

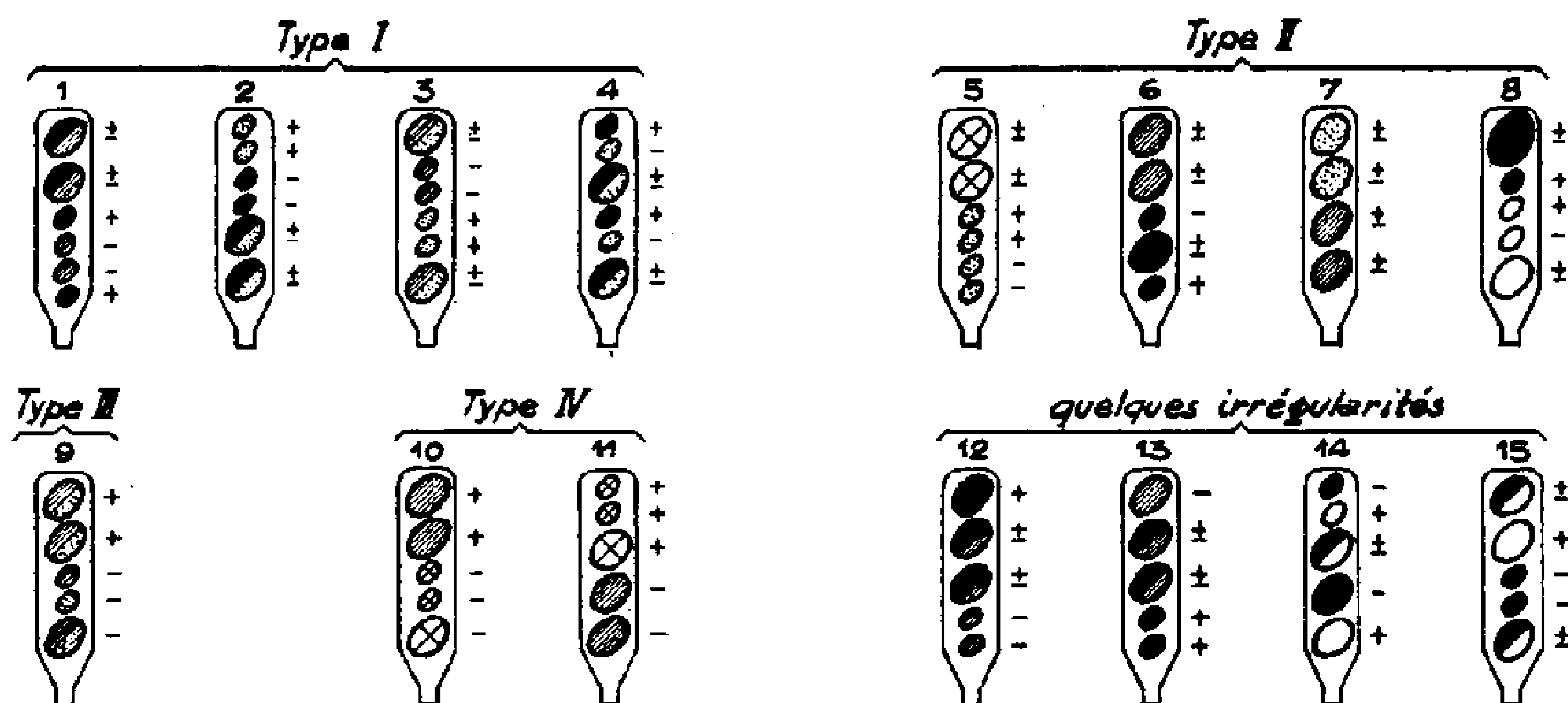
([1]) *Comptes rendus*, 209, 1939, pp. 771-774.
([2]) *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 59-61.

types de haplontes, et chacune de ces formes mycéliennes peut être affectée de l'un ou l'autre signe. Aucun type de mycélium nouveau n'a été fourni par ces rapprochements.

2. Les confrontations de myceliums de deux races différentes permettent d'obtenir des souches monospores hétérocaryotiques à partir de la plupart des spores plurinucléées. Toutes ces souches présentent une vitalité qui les rapprochent singulièrement de la souche parentale la plus exubérante, mais leur mycélium se révèle toujours inapte à colorer le milieu de culture.

3. Nous avons pu apporter d'intéressantes précisions à la structure des asques nés d'hétérozygotes et que nous avions déjà rangés en deux groupes différents :

a. L'existence, dans les asques du premier type, de spores normales portant les caractères de l'un ou de l'autre parent, de spores simples uninucléées, conduisant à des haplontes semblables à l'un ou à l'autre parent, nous avait révélé l'existence d'une ségrégation des caractères mycéliens. L'obtention, dans nos confrontations nouvelles, d'asques du premier type contenant plus de deux spores simples et en particulier d'asques à six spores, de structure variable, nous a permis d'observer qu'à partir d'un même asque les haplontes présentant les mêmes caractères mycéliens sont porteurs d'un même signe. (Asques 1 à 4 du schéma.)



Représentation schématique de quelques asques observés pour chacun des types décrits:
Spore fournissant une souche „normale" — Spore fournissant une souche „pulverulens"
„albinos" — „nana"
„incolore"
Spores binucléées fournissant divers types de myceliums hétérocaryotiques

b. Nous avons pu, à partir de confrontations variées, étudier d'assez nombreux asques du type II en notant avec précision la place de chacune

des spores; dans ce cas les souches nées des spores occupant la partie supérieure d'un asque sont semblables à l'un des parents alors que les autres souches, fournies par le même asque, ressemblent à l'autre parent, sans d'ailleurs qu'un caractère précis soit lié à une localisation déterminée. (Asques 5 à 8 du schéma.)

4. Nous avons reconnu de plus l'existence de deux types d'asques nouveaux :

a. Un troisième type, dont nous n'avons trouvé qu'un exemplaire (asque 9 du schéma); cet asque appartient au type I si l'on ne tient compte que des caractères mycéliens, mais si l'on envisage au contraire la répartition des signes, il présente, pour ce caractère, la répartition du type II.

b. Un quatrième type, constitué par deux asques (asques 10 et 11 du schéma); tous deux présentent la structure du type II quant aux caractères mycéliens; cette particularité s'applique de plus à la répartition des signes.

5. Enfin, dans ces diverses confrontations, le rapport des fréquences des asques du premier et du deuxième type peut être considéré comme sensiblement constant et voisin de 12 %. Toutefois à l'intérieur de chaque type de croisement, il se montre nettement plus élevé dans certains périthèces et peut atteindre 40 %; il n'est pas inutile d'ajouter, peut-être, que ces périthèces singuliers offrent toujours de nombreux asques anormaux dans la répartition de leurs spores, et que nous avons toutes raisons de croire cette dernière anomalie sous la dépendance des conditions extérieures.

La forte prédominance des asques du type I nous paraît être l'indication du fait qu'ils traduisent le déroulement normal des phénomènes réductionnels de l'asque; une seule division réductrice, probablement la première du noyau de fusion, suffit à les expliquer.

La faible proportion des asques des 2e, 3e et 4e types nous invite au contraire à les interpréter comme des anomalies résultant bien certainement de la ségrégation des caractères mycéliens (2e type), ou de signe (3e type), ou des deux réunis (4e type) à une autre division, probablement la seconde du noyau de fusion.

L'obtention, dans chacun de nos croisements, de haplontes présentant les mêmes caractères mycéliens et porteurs de signes quelconques, traduit l'indépendance de ces deux groupes de caractères; mais l'obtention, dans chaque confrontation, de deux uniques types de mycélium, les types parentaux, montre que tous ces caractères mycéliens appartiennent au même groupe. De plus, si l'on songe que ces caractères sont en somme

divers degrés d'une même fluctuation, que dans chaque type de rapprochement le rapport des fréquences des asques du premier et du deuxième type est constant, on est même amené à penser qu'ils traduisent divers états allélomorphes du même facteur.

Enfin l'existence de spores de taille normale unisexuées, self-stériles, dans certains asques, montre que l'attraction des noyaux de signes différents, si elle correspond à la réalité comme nous l'avions cru, n'explique certainement pas, à elle seule, la formation des spores banales binucléées et bisexuées.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Les rickettsies des fièvres exanthématiques et leurs formes d'évolution.* Note (1) de MM. **Paul Giroud** et **René Panthier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Au cours de nos recherches sur les rickettsies du typhus historique et murin, de la fièvre boutonneuse et de la fièvre pourprée, nous avons constaté que le polymorphisme des rickettsies correspondait à des états particuliers de ces éléments. Systématiquement, au cours des passages, nous avons coloré les frottis avec la technique de Macchiavello, dont nous avons pu montrer l'intérêt pour la mise en évidence de l'état de condensation du protoplasme des divers germes, ce qui peut permettre, dans une certaine mesure, l'appréciation de leur vitalité (2).

L'élément spécifique de ces fièvres exanthématiques peut se présenter sous cinq formes : rickettsies bacilliformes, corps colorés en rouge rubis, soit homogènes, soit granuleux, enclaves colorées en rose et enfin corpuscules punctiformes. Ce que nous avons observé ne concorde pas avec l'opinion de certains auteurs qui voient dans ces différentes formes un véritable cycle évolutif au départ des *corps initiaux* (3); d'autres chercheurs, par contre, décrivent des formes analogues (4) mais ne concluent pas (5).

---

(1) Séance du 30 juin 1941.

(2) Paul Giroud et René Panthier, *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 235-255.

(3) Donatien et Lestoquard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1930; Carpano, *Riv. di Parasitol.*, 3, 1939, p. 293.

(4) R. Wohlrab, *Zbl. Bakter.* I. *Orig.*, 140, 1937, p. 200.

(5) R. Otto et R. Wohlrab, *Handbuch der Viruskrankheiten*, 2, 1939, p. 548.

Les rickettsies bacilliformes, le plus souvent rectilignes, quelquefois vibrionniennes, de 1 à 2$^{\mu}$ de long, se rencontrent surtout pendant les premiers jours de l'infection fébrile des cobayes de passage, très fréquemment dans les virus orchitiques, plus rarement dans le typhus historique. Chez les souris inoculées par voie respiratoire, ces formes, avec un virus conservé toujours sur la même espèce, sont surtout abondantes vers le 2e jour et, chez le Lapin préparé et inoculé par la même voie, vers les 5e, 6e et 7e jours. Les rickettsies de forme bacillaire se reproduisent toujours très rapidement sous cette forme lorsque la cellule ne réagit pas ou ne réagit plus ([6]).

Les corps colorés en rouge rubis et d'aspect granuleux n'ont pas une morphologie bien définie; ils mesurent 3 à 6$^{\mu}$ et sont plus ou moins arrondis. Ils se rencontrent dans les cellules de tous les organes très infectés où il n'y a pas une culture intense d'éléments bacilliformes. Ils sont composés de rickettsies agglomérées, ce que nous avons pu démontrer par broyage cellulaire.

Les corps homogènes colorés en rouge rubis SONT DES ÉLÉMENTS DE 2 A 4$^{\mu}$, véritables petites sphères, tranchant complètement sur le protoplasme cellulaire. Ils sont le plus souvent au nombre de 3 ou 4 par cellule. L'apparition de corps de même aspect, siégeant à l'intérieur des grandes cellules épithéliales, est provoquée par une bactérie comme le vibrion cholérique dans la phase terminale du phénomène de Pfeiffer. On rencontre ces corps homogènes chez le Lapin, animal peu sensible à l'inoculation, quand on ne constate pas de rickettsies bacilliformes. On les voit aussi dans différents virus en dehors de la période de pullulation intense. Ils représentent un stade très avancé de l'agglomération des rickettsies.

Les enclaves arrondies colorées en rose, au nombre de 3 à 6 par cellule, se trouvent très fréquemment dans le protoplasme des cellules épithéliales des vaginales de cobayes infectés de virus historique, murin et pourpré, ou au cours de l'adaptation d'une souche au poumon. Leur taille est de 2 à 3$^{\mu}$. Elles sont dues, pour nous, à la réaction des cellules en face d'un virus relativement peu actif vis-à-vis de la cellule parasitée.

Les corpuscules punctiformes de 0$^{\mu}$,1 sont soit bleus, soit rubis. Ils sont constants dans les préparations de virus mal adaptés à l'organe qu'ils parasitent (réadaptation d'un virus sec, changement de race de l'animal de passage). Au cours des passages successifs faits dans ces conditions, on

---

([6]) PAUL GIROUD et RENÉ PANTHIER, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 308.

peut alors voir réapparaître les rickettsies lorsque la résistance des cellules a diminué. Étudiant les formes de dégradation, on voit que les éléments bacilliformes régulièrement teintés en rouge gardent ensuite cette coloration seulement aux deux pôles, tandis que le centre devient bleuté. Dans un stade plus avancé, la partie médiane ne se colore plus et la rickettsie n'apparaît que sous forme de deux points, d'abord rubis, puis bleus. Nous avons aussi constaté le même phénomène *in vitro*, sous l'influence de sérum virulicide; c'est ce qui nous a permis du reste de comprendre cette phase de l'évolution.

Le pouvoir pathogène ou antigène de ces éléments est variable. Seules les rickettsies bacilliformes des quatre maladies envisagées, typhus historique, typhus murin, fièvre boutonneuse et fièvre pourprée, peuvent être dosées dans la peau suivant notre méthode ([7]) et sont hautement antigènes. Cette forme bacillaire, forme de multiplication rapide et peu résistante, serait comparable à la forme habituelle des bactéries se développant en milieu électif. Les corps punctiformes et les corps homogènes représentent une forme très dégradée. En effet, les poumons de Souris qui en contiennent de grandes quantités, se montrent très peu virulents pour le Cobaye inoculé par voie péritonéale et pour la Souris inoculée par voie nasale. La conservation des organes à basse température ([8]) démontre de plus que la forme de résistance n'est pas une forme bacillaire.

En concluant, toutes ces formes ne sont pour nous que la résultante de la lutte entre l'élément infectant, qui tend toujours à évoluer vers la rickettsie classique et à parasiter la cellule, et la cellule qui lutte contre cet élément.

Nous pensons qu'une démonstration équivalente peut être donnée pour les autres rickettsies et vraisemblablement pour divers éléments pathogènes.

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

([7]) Paul Giroud, *C. R. Soc. Biol.*, 127, 1938, p. 397; René Panthier, *Thèse de Médecine*, Paris, 1939, p. 26 et 43.

([8]) Paul Giroud et René Panthier, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 228.

ERRATA.

(Séance du 23 mars 1941.)

Note de M[me] *Panca Eftimiu-Heim*, Sur la structure du noyau quiescent dans la famille des Orchidées :

Page 1097, ligne 1, ajouter une virgule après *Neottia;* ligne 29, au lieu de *Cephalenthera*, lire *Cephalanthera;* ligne 3 en remontant, *au lieu de* toutefois les Orchidées, *lire* toutefois les Ophrydées.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 16 JUILLET 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SÉISMOLOGIE. — *Classification des tremblements de terre.* Note (1) de M. **EDMOND ROTHÉ.**

La classification des tremblements de terre est aussi difficile que celle des volcans et pour des raisons analogues : leurs causes sont multiples et souvent coexistantes. Bien des classements ont été tentés. Celui que je donnerai ici ne prétend pas à une perfection impossible. J'ai seulement essayé d'y « refléter l'état des connaissances acquises par l'observation en faisant aussi petite que possible la part de l'hypothèse », selon le vœu de F. de Montessus de Ballore. Je me suis d'ailleurs aidé de la méthode de ce séismologue français, en apportant à certaines idées aujourd'hui périmées ou évoluées les modifications justifiées par les importants progrès acquis dans ces dernières années.

Un certain nombre de tremblements sont une conséquence de phénomènes antérieurs : ils se rattachent à l'histoire ancienne du globe, à ses révolutions, qui en sont la cause fondamentale. Parce qu'ils sont ainsi une *réminiscence*, je les nomme *hystérétiques* H (de ὑστέρησις, mémoire); ils constituent la première grande classe, que je divise en deux groupes : le premier A provient de la *survivance des mouvements* qui ont donné naissance à la constitution du relief externe de la Terre, c'est-à-dire l'*orogénie* (ὄρος, montagne), le second B est relatif à des *réminiscences de la genèse elle-même*.

Le groupe A se subdivise en deux sous-groupes, selon qu'il s'agit de *l'écorce* E (*tectoniques* ou *sialiques*) ou du *substratum* S (*sialmatiques*, *magmatiques*). Les divisions des séismes tectoniques, produits par la

(1) Séance du 26 mai 1941.

continuation de fractures déjà existantes et anciennes sont nombreuses : glissements, décrochements, prolongement de failles, déplacements relatifs s'accentuant parfois au point de faire apparaître en surface des accidents internes. Ces séismes tectoniques, même en cas de forte intensité, sont, en général, localisés. Il peut se produire des phénomènes analogues dans le substratum, mais les mouvements qui en résultent sont, en général, peu amples. Il y a, dans le substratum ou en profondeur dans l'écorce, des surfaces de discontinuité où les propriétés physiques de la matière changent, en même temps peut-être que la constitution pétrographique. Là, en liaison avec la radioactivité de la matière et les phénomènes thermiques qui en résultent, tels que transformation du quartz et des minéraux, se produisent des déclenchements dont la cause fondamentale est encore la constitution originelle de la planète (fusion, solidification, effets thermiques).

Le groupe B est aussi subdivisé en deux sous-groupes : R contient tous les séismes résultant d'un retour à l'équilibre isostatique; si l'hypothèse de Turner sur les foyers profonds est exacte (ceinture du Pacifique, émission de la Lune), c'est encore dans cette catégorie de réminiscences de la genèse F qu'il faut classer les séismes correspondants. Même en dehors de cette hypothèse les foyers profonds ne peuvent se rattacher qu'au sous-groupe B.

J'appelle *néogénétiques* N les séismes de la seconde grande classe dont l'origine est actuelle, la genèse nouvelle. Un premier groupe comprend les *phénomènes* localisés L. avec trois sous-groupes : A tremblements provenant du fait que la *charpente* terrestre continue à se former; c'est encore comme en E de la *tectonique* (τεκτονική, art du charpentier) avec mouvements verticaux (*sussultatoires*) ou horizontaux (*tangentiels*) : B tremblements *volcaniques* : C *affaissements* dus à l'*érosion* ou à l'*économie humaine* (*pseudo-séismes*, *déhouillements*, *coups de toit dans les mines*).

Un second groupe G contient les *séismes généraux*, qui eux aussi se subdivisent en deux sous-groupes suivant la *profondeur de l'hypocentre*.

P. *Tremblements à foyers plus ou moins profonds;* sans dégâts, peu ressentis, ils relèvent de l'étude *microséismique*; avec dégâts importants, ce sont les phénomènes *macroséismiques*; lorsqu'ils produisent des modifications du *relief* et de la *géographie*, on les nomme, avec Montessus [2], *glyptogéniques* (de γλυπτός, sculpté).

---

[2] Comte de Montessus de Ballore, *La Géologie sismologique*, Paris, 1924.

Classification des séismes.

- I. H. Hystérétiques (Causes premièr. fondamentales anciennes)
  - A. Rupture d'instabilité *Survivance de l'orogénie*
    - E. Écorce Tectoniques (Sialiques)
      - Glissements
      - Décrochements
      - Prolongement de failles
      - Déplacements relatifs
    - S. Substratum (Sialmatiques ou Magmatiques)
      - Fusion
      - Solidification
      - Effets thermiques et radioactivité dans les surfaces de discontinuité
  - B. Réminiscences de la genèse même
    - F. Foyers profonds (Sifematiques)
      - Cicatrice du Pacifique (Émission de la Lune)
    - R. Retour à l'équilibre isostatiq.
- II. N. Néogénétiques (Causes premièr. nouvelles)
  - L. Séismes localisés
    - A. Continuation lente de l'orogénie tectonique
      - Sussultatoires
      - Tangentiels
    - B. Tremblements volcaniques
    - C. Affaissements
      - Érosion
      - Pseudoséismes
      - Déhouillement
      - Coups de toit
  - G. Séismes généraux
    - P. Tremblements à foyers plus ou moins profonds
      - Sans dégâts, peu ressentis (Microséismiques)
      - Dégâts importants (Macroséismiques)
      - Modifications du relief et de la géographie
        - Relèvement de la région (Épirogéniques)
        - Courant thermiques de convection
        - Poussées magmatiques
        - Radioactivité
      - (Glyptogéniques)
    - T. Tremblements trés profonds Étude encore incomplète (Causes hypothétiques)

Il peut alors y avoir *relèvement de la région*, et l'on a appelé les séismes correspondants *épirogéniques* (de ἤπειρος, terre ferme). On lit aussi *épeirogéniques.* D'autres secousses proviennent de courants de *convection, thermiques,* de poussées *magmatiques* où intervient la *radioactivité.*

Enfin, dans le sous-groupe T, je réunis les tremblements *très profonds* dont l'étude est encore trop récente pour qu'on puisse en affirmer les causes. Ils sont probablement dus à des déplacements de la *mosaïque interne* dont la plupart des géophysiciens admettent maintenant l'existence.

POTAMOLOGIE. — *Relations entre une rivière et une galerie filtrante latérale, et moyens d'assurer la constance du débit de la galerie et de la qualité de l'eau en périodes d'étiage.* Note (¹) de M. **Édouard Imbeaux.**

Lorsqu'à l'exemple de d'Aubuisson, qui, il y a plus de cent ans, installa la première galerie filtrante à la Prairie des Filtres pour Toulouse, on voudra recourir à l'emploi d'une galerie filtrante latérale à une rivière pour l'alimentation d'une localité, on fera bien de méditer les considérations suivantes; elles me sont inspirées par l'expérience de la galerie filtrante le long de la Moselle pour l'alimentation de Nancy, galerie dont j'ai suivi le débit et la qualité de l'eau pendant une quarantaine d'années.

Une vallée fluviale est d'ordinaire une cuvette à fond imperméable (l'érosion s'étant arrêtée sur le rocher ou sur l'argile du fond géologique), remplie d'alluvions aquifères : si ces alluvions sont formées de sable homogène assez fin, l'eau qu'elles contiennent est claire et bactériologiquement pure; si au contraire ce sont des galets assez gros (à Messein ils ont la taille d'un œuf), on comprend que les larges interstices entre eux laissent passer les corpuscules et les microbes et il faudrait pour la pureté intercaler une tranche de sable fin assurant une bonne *filtration horizontale* entre la rivière et la galerie.

En saison pluvieuse, cette masse d'alluvions reçoit, outre les pluies qui tombent directement sur elle, les eaux souterraines venant des vallons latéraux et de leurs sources et celles qui proviennent de la rivière alors en hautes eaux. Mais, en périodes de sécheresse, les deux premières catégories tombent à rien ou presque, et la rivière, elle-même à l'étiage, est réduite à un lit mineur avec une faible profondeur d'eau et un fond généralement

(¹) Séance du 30 juin 1941.

colmaté, en sorte que les infiltrations vers la galerie, qui en hautes eaux se faisaient surtout par les rives, diminuent aussi considérablement. Or la principale difficulté du problème est d'assurer un bon débit de la galerie *en sécheresse*, car c'est pour avoir toujours de l'eau qu'on s'est approché du fleuve, et c'est alors que les besoins de la Ville sont les plus grands : voyons donc comment on pourra la résoudre.

Il est certain que le débit de la galerie est fonction de la pression, c'est-à-dire de la différence de niveau entre le plan d'eau de la rivière et la galerie; ainsi à Messein, quand on abaissait le niveau de la Moselle en abattant le barrage, on voyait se réduire et presque tomber à rien le débit de la galerie. Ceci permet de conclure qu'il faut *en basses eaux relever par un barrage* le plan d'eau de la rivière et former ainsi un bief de la longueur de la galerie (ou, si cette longueur est trop grande, former plusieurs biefs successifs). Les berges, qui, à l'état naturel et au moins durant un certain nombre d'années sont bien perméables (alors que le lit mineur est colmaté

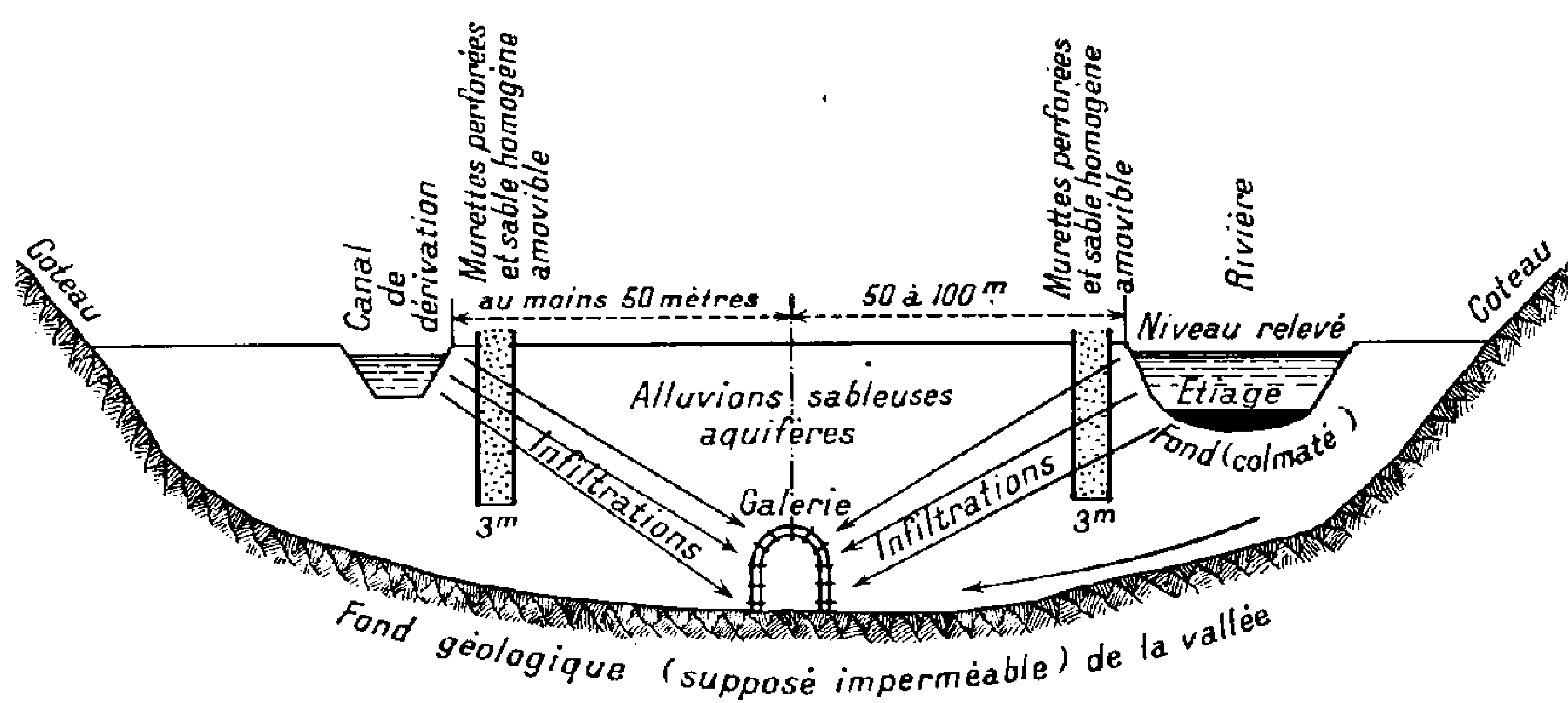


Fig. 1. — Coupe transversale (schématique) de la vallée.

par les vases et dépôts), permettront alors de bonnes infiltrations vers la galerie, dont le débit se maintiendra. Le barrage devra naturellement pouvoir s'effacer pour laisser passer les crues.

Le barrage construit, aura-t-on satisfaction indéfiniment, et la galerie aura-t-elle en tout temps de la rivière un débit suffisant d'eau pure ? Non, et un auteur a dit qu'une galerie filtrante était *condamnée à mort en naissant*, parce que les berges elles-mêmes, retenant les corpuscules en suspension dans l'eau de la rivière, finiraient aussi par se colmater et deviendraient de moins en moins perméables. Mais on peut remédier à cet inconvénient et

prolonger indéfiniment la vie de la galerie. Établissons en effet, quand la berge sera devenue trop peu perméable, tout contre elle deux murettes perforées parallèles et à une distance de 3 ou 4^m l'une de l'autre et remplissons l'intervalle de sable fin homogène constituant un *bon filtre horizontal* : nous pourrons alors perforer la paroi de la berge et amener l'eau de la rivière contre ce filtre (voir croquis *fig.* 1). Celui-ci se colmatera

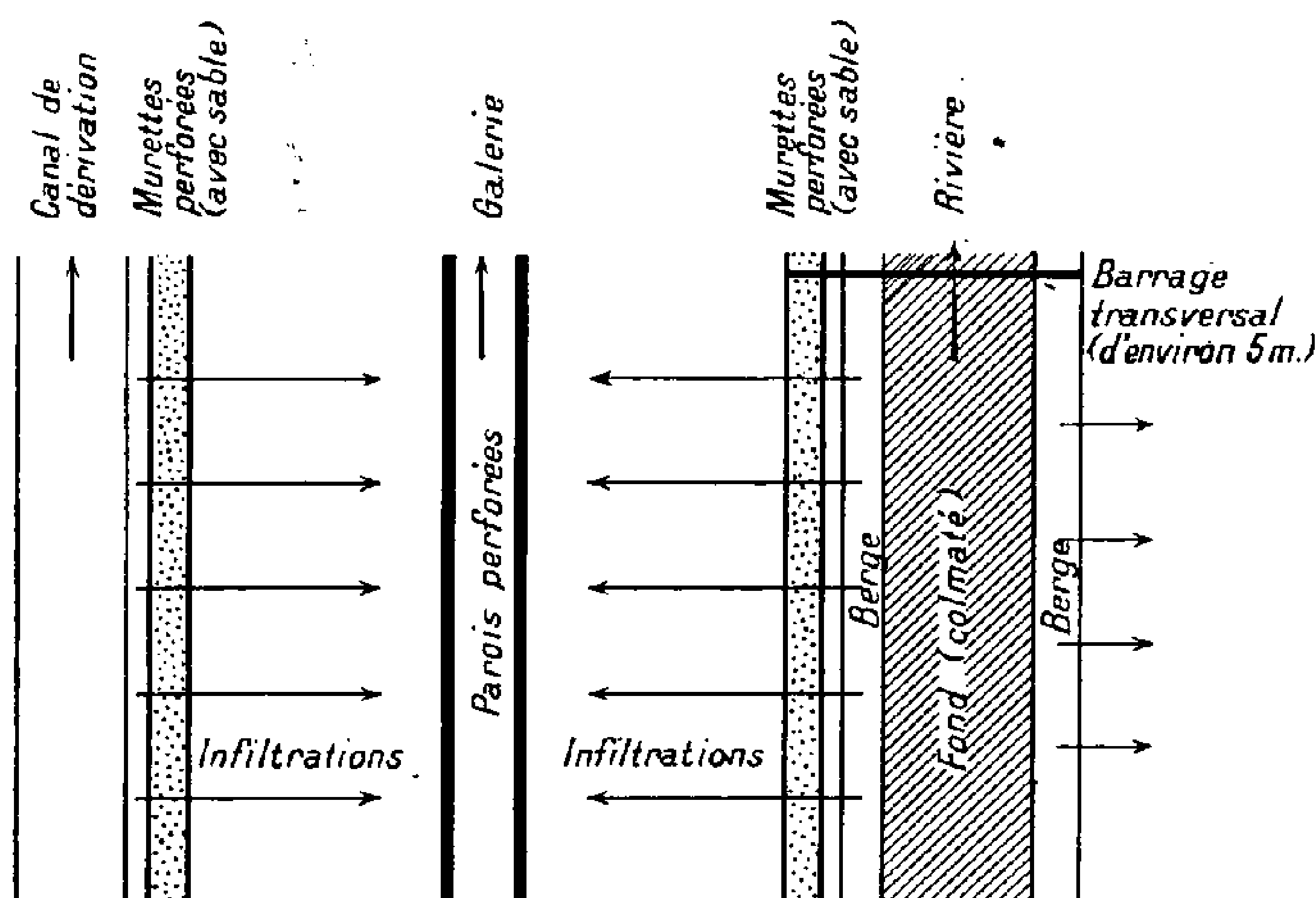


Fig. 2. — Plan (schématique) d'un tronçon de la vallée.

sans doute à son tour, mais on devra s'organiser pour pouvoir remplacer alors le sable encrassé par du sable neuf lavé (tout comme dans un filtre vertical), et cela chaque fois qu'il le faudra. Notons que, si des cailloux trop gros du remplissage de la vallée ne donnaient pas (comme à Messein) une eau pure et claire, il serait indiqué d'établir tout de suite le filtre horizontal ci-dessus décrit entre ces deux murettes perforées; il semble démontré qu'un trajet des filets aqueux dans 3^m de sable fin (un millimètre de taille de grain) homogène suffit à donner une eau claire et aseptique.

Mais voici encore un autre moyen d'augmenter le débit d'une galerie en temps de sécheresse. A ce moment elle ne reçoit guère d'infiltrations que par sa face tournée vers la rivière; mais, si l'on avait de l'autre côté une autre rivière semblable, on aurait aussi des infiltrations vers la face arrière, et la galerie capterait par ses deux parois. Or il sera souvent facile de créer une dérivation, ou canal artificiel, dont la prise se fera plus ou moins loin à l'amont dans la rivière et qui viendra parallèlement à la galerie,

à une cinquantaine ou une centaine de mètres de sa face arrière (côté gauche du croquis *fig.* 2); si l'on ne peut créer une dérivation, on peut aussi, comme je l'ai fait à Messein, prendre l'eau de la rivière par un aqueduc parfaitement *étanche* passant au-dessus de la galerie et alimentant un canal ou un tuyau débitant parallèle à celle-ci. Ainsi amélioré en débit et en qualité, le procédé des galeries filtrantes me paraît excellent, mais il demande à être suivi soigneusement.

Il en est de même d'ailleurs du procédé de captation par *puits filtrants*; on aspire alors l'eau d'une série de puits creusés dans la masse alluviale parallèlement à la berge (comme ceux de Grand Camp le long de la rive gauche du Rhône pour Lyon). Mais il ne faut pas se faire d'illusion : ce procédé est frappé de la même cause de déchéance que la galerie, puisque les corpuscules doivent être arrêtés avant de gagner les puits. Le rendement des puits ira donc aussi en diminuant; il est vrai qu'on peut y remédier soit en creusant d'autres puits entre les premiers, au droit des parties de la berge non colmatées, soit en entourant chaque puits captant, dès sa construction, d'un filtre à sable amovible entre deux murettes perforées circulaires, soit mieux enfin en munissant la berge tout entière du filtre horizontal parallèle à elle, comme il est dit pour la galerie.

M. **Auguste Chevalier** fait hommage à l'Académie de plusieurs brochures qu'il vient de publier :

1° Hélios Scaëtta. 1894†1941.

2° *La culture des Plantes oléagineuses en France. Prospérité de cette culture de* 1750 *à* 1870. *La régression depuis* 1880. *Essais et améliorations à entreprendre.*

3° *La collaboration nécessaire au point de vue agricole entre la France et son Empire colonial.*

4° *Trois Arbres précieux de France à améliorer : OLIVIER, NOYER, CHÂTAIGNIER. Utilité d'en étendre la culture et de la moderniser.*

5° *Une plante textile tropicale peu connue : le* Cephalonema polyandrum K. Schum. *et deux autres plantes à fibres.*

6° *Moutardes et Vignes à Verjus.*

M. **Charles Fabry**, actuellement en zone non occupée, fait hommage à l'Académie, par l'organe de M. **Gaston Fayet**, du premier cahier de la

nouvelle publication, *Cahiers de Physique*, qui vient d'être fondée sous sa direction pour permettre aux physiciens et astrophysiciens de faire plus facilement paraître leurs travaux.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Em. Miège. *L'utilisation du Maïs et du Sorgho sucrés comme plantes saccharifères et alcooligènes* (présenté par M. Auguste Chevalier).

2° Henri Besairie. *Le réseau magnétique de Madagascar au 1er janvier* 1938 (présenté par M. Ch. Maurain).

STATISTIQUE. — *Utilisation du coefficient de corrélation dans l'analyse harmonique.* Note de M. **Vladimir Frolow.**

1. Le coefficient de corrélation de deux sinusoïdes de même période, mais d'amplitude et de phase différente

$$y = a\sin x, \qquad y = b\sin(x+\varphi),$$

peut s'écrire

$$r = \frac{\displaystyle\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin x \sin(x+\varphi)\,dx}{\left\{\displaystyle\int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin^2 x\,dx \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \sin^2(x+\varphi)\,dx\right\}^{\frac{1}{2}}}.$$

Ce coefficient est donc, pour les fonctions envisagées, une fonction de la longueur des séries examinées.

2. En intégrant entre les limites o et un multiple de 2π on obtient

$$r = \cos\varphi.$$

Pour un nombre entier de périodes, le coefficient de corrélation de deux sinusoïdes envisagées est donc *égal au cosinus de la différence de phase* de ces sinusoïdes.

3. Cette propriété du coefficient de corrélation permet le calcul de l'écart de phase des composantes sinusoïdales homologues obtenues par

la méthode d'analyse par combinaisons linéaires d'ordonnées, due à M. H. Labrouste et à Mme Y. Labrouste [1].

4. On obtient ainsi un moyen de déterminer, mieux que par une mesure sur le graphique, l'écart de phase d'une composante de période donnée calculée pour des stations différentes. La propriété énoncée permet, surtout, cette détermination pour de faibles différences de phase. On peut ainsi étendre l'étude de la progression des composantes hydrologiques et météorologiques à des périmètres restreints et procéder à des analyses plus fines que jusqu'ici.

HYDRAULIQUE. — *Oscillations dans un système de deux chambres d'équilibre.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Un canal d'amenée en charge, alimenté, en amont, par un réservoir, à niveau constant, est composé d'un tronçon amont, de section f_2, de longueur L_2 et d'un tronçon aval, de section f_1, de longueur L_1, séparés par une chambre d'équilibre C_2, à section horizontale constante F_2. A l'extrémité aval du canal, une autre cheminée C_1, de section horizontale constante F_1, assure la liaison du canal avec les conduites forcées, qui absorbent un débit instantané Q. — Z_1 et Z_2 sont les cotes, au-dessus du niveau statique, des niveaux de la surface libre, dans G_1 et G_2; V_1 et V_2 désignant les vitesses verticales de ces niveaux, comptées positivement vers le haut, on a

$$V_1 = \frac{dZ_1}{dt}, \tag{1}$$

$$V_2 = \frac{dZ_2}{dt}. \tag{2}$$

Soient enfin W_1 et W_2 les vitesses, comptées positivement vers l'aval, dans les deux tronçons du canal d'amenée.

En négligeant toutes les pertes de charge, ainsi que les variations de la force vive de l'eau située à l'intérieur des deux chambres d'équilibre, on obtient immédiatement, en appliquant le théorème des forces vives aux deux tronçons du canal, ou bien par des considérations de continuité, les

(1) *Mémoires de l'Académie des Sciences de l'Institut de France*, 64, 1940.

(1) Séance du 7 juillet 1941.

relations

(3) $$\frac{L_1}{g}\frac{dW_1}{dt}+Z_1-Z_2=0,$$

(4) $$\frac{L_2}{g}\frac{dW_2}{dt}+Z_2 \qquad =0,$$

(5) $$f_1 W_1 = F_1 V_1 + Q,$$

(6) $$f_2 W_2 = F_2 V_2 + f_1 W_1.$$

Pour une manœuvre donnée, correspondant à une variation connue du débit Q, ces six relations, jointes aux conditions initiales, permettent de déterminer, en fonction du temps, Z_1, Z_2, V_1, V_2, W_1 et W_2.

Traitons, par exemple, le cas de l'arrêt instantané, à l'instant initial, du débit de régime permanent Q_0. On a, dès l'instant zéro, $Q=0$; on en tire

(7) $$W_1=\frac{F_1}{f_1}V_1=\frac{F_1}{f_1}\frac{dZ_1}{dt},$$

(8) $$W_2=\frac{F_2}{f_2}V_2+\frac{f_1}{f_2}W_1=\frac{F_2}{f_2}\frac{dZ_2}{dt}+\frac{F_1}{f_2}\frac{dZ_1}{dt},$$

(9) $$Z_2=\frac{L_1F_1}{gf_1}\frac{d^2Z_1}{dt^2}+Z_1,$$

et, par suite, en portant ces valeurs dans (4),

$$\frac{L_1F_1L_2F_2}{g^2f_1f_2}\frac{d^4Z_1}{dt^4}+\left[\frac{L_2F_1}{gf_2}+\frac{L_2F_2}{gf_2}+\frac{L_1F_1}{gf_1}\right]\frac{d^2Z_1}{dt^2}+Z_1=0,$$

ou encore, en posant

(10) $$\omega_1^2=\frac{gf_1}{L_1F_1},\qquad \omega_2^2=\frac{gf_2}{L_2F_2},\qquad k^2=\frac{F_1}{F_2},$$

(11) $$\frac{d^4Z_1}{dt^4}+[\omega_2^2+\omega_1^2(1+k^2)]\frac{d^2Z_1}{dt^2}+\omega_1^2\omega_2^2Z_1=0.$$

On démontre facilement que les racines de l'équation caractéristique sont toujours des imaginaires pures

(12) $$r_1=\pm i\alpha,\qquad r_2=\pm i\beta,$$

α et β étant donnés par les expressions

(13) $$\sqrt{\frac{\omega_2^2+\omega_1^2(1+k^2)\pm\sqrt{[\omega_2^2+\omega_1^2(1+k^2)]^2-4\omega_1^2\omega_2^2}}{2}}.$$

On a donc, compte tenu des valeurs initiales nulles de Z_1 et Z_2,

(14) $$Z_1 = A \sin\alpha t + B \sin\beta t,$$

(15) $$Z_2 = A\left(1 - \frac{\alpha^2}{\omega_1^2}\right) \sin\alpha t + B\left(1 - \frac{\beta^2}{\omega_1^2}\right) \sin\beta t.$$

Les autres conditions initiales,

$$\frac{dZ_2}{dt} = 0, \qquad \frac{dZ_1}{dt} = \frac{Q_0}{F_1}$$

permettent de calculer les valeurs de A et B,

(16) $$A = \frac{Q_0}{\alpha F_1} \frac{\omega_1^2 - \beta^2}{\alpha^2 - \beta^2}, \qquad B = \frac{Q_0}{\beta F_1} \frac{\alpha^2 - \omega_1^2}{\alpha^2 - \beta^2}.$$

A et B étant donnés par (16), α et β par (13), Z_1 et Z_2 sont fournis par (14) et (15), V_1 et V_2 par (1) et (2), W_1 et W_2 par (7) et (8).

L'oscillation des niveaux résulte de la superposition de deux phénomènes sinusoïdaux de périodes et d'amplitude différentes.

MAGNÉTISME. — *Sur les variations thermiques de l'aimantation thermorémanente des terres cuites.* Note de M. **Émile Thellier** et Mme **Odette Thellier**, présentée par M. Charles Maurain.

On sait que le moment magnétique rémanent des aimants en acier varie avec la température, cette variation étant en partie réversible et en partie irréversible. Nous avons été amenés à étudier les phénomènes correspondants sur l'aimantation thermorémanente des terres cuites. Les résultats qui suivent se rapportent à des températures pouvant s'écarter de la température ordinaire de quelques dizaines de degrés. La plupart des faits établis semblent rester exacts pour des températures beaucoup plus élevées (1); mais, au point de vue qui est le nôtre, des applications à la recherche du champ magnétique terrestre dans le passé, la zone des températures habituelles (que les terres cuites anciennes ont incessamment parcourue) est surtout importante et mérite une étude attentive.

1. Considérons une terre cuite initialement aimantée par un refroidisse-

(1) E. Thellier, *Ann. de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, 16, 1938, p. 157-302.

ment, dans un champ magnétique, depuis une température élevée (supérieure à 670°); ce sera, par exemple, une des briques étudiées par l'un de nous ([2]), aimantée par refroidissement dans le champ magnétique terrestre jusqu'à la température t_0 du laboratoire; soit M_0 son moment magnétique permanent mesuré à la température t_0. Réchauffons cette brique jusqu'à une température t_1 et laissons-la se refroidir, *en champ magnétique nul*, jusqu'à la température t_0 ; son moment magnétique permanent (mesuré à t_0) est devenu M_1 inférieur à M_0.

Comme pour les aimants en acier, il y a eu perte définitive d'aimantation, mais, pour les terres cuites, le phénomène est bien défini :

1° La désaimantation par réchauffement à t_1 est acquise du premier coup; des réchauffements ultérieurs à cette même température t_1 n'altèrent plus le moment magnétique;

2° Le moment M_1 est exactement égal à celui qu'on aurait obtenu en supprimant le champ à partir de la température t_1 au cours du refroidissement initial.

2. Considérons la terre cuite précédente après réchauffement à t_1 et refroidissement en champ nul. Si l'on mesure maintenant le moment magnétique à des températures t, différentes de t_0 mais restant inférieures à t_1, on trouve que ce moment $\mathfrak{M}_t$ varie avec t réversiblement et, dans les limites étudiées, linéairement : $\mathfrak{M}_t = M_0[1-\alpha(t-t_0)]$. C'est la loi de variation de l'aimantation rémanente des aimants en acier *vieillis*; mais le coefficient de température α est beaucoup plus grand pour l'aimantation thermorémanente des terres cuites. Mascart, par exemple, donne pour les aimants des valeurs comprises entre 0,0002 et 0,0009; nous avons longuement étudié les 10 briques de la série C (2): les coefficients trouvés, pour $t_0 = 0°$C., sont

$\alpha.10^3$........ 2,8 6,0 2,95 2,8 4,45 3,7 2,95 3,15 3,45 3,6.

Leur valeur moyenne, intéressante seulement comme ordre de grandeur, car la dispersion des valeurs est réelle, est $3,6.10^{-3}$, soit 1/280 environ; elle rappelle le coefficient α des gaz. D'autres mesures sur des séries de briques très différentes par le lieu et la date de cuisson, donnent des valeurs voisines.

3. Reprenons comme au paragraphe 1 une terre cuite de moment M_0, à la température t_0; réchauffons-la encore à la température t_1 et laissons-la

([2]) E. Thellier, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 281.

maintenant se refroidir, dans une position quelconque, *dans le champ magnétique terrestre*. Le refroidissement de t_1 à t_0 donne à la terre cuite un moment magnétique supplémentaire qui a pour valeur $M_0 - M_1$ (ces grandeurs ayant été définies précédemment), et pour direction celle du champ. D'une façon générale, la terre cuite présentera à la température t_0 un moment magnétique qui sera la somme géométrique des moments M_1 et $M_0 - M_1$. En particulier, si le champ agissant pendant le refroidissement de t_1 à t_0 a même direction et même sens que le champ initial, la résultante est M_0; ainsi, lorsqu'une terre, cuite dans un champ magnétique, reste en place dans ce champ constant, son moment magnétique à une température donnée ne dépend pas des variations de température qu'elle a pu subir; il varie réversiblement.

Le fait étudié au paragraphe 1 peut être généralisé : si la terre cuite précédente est réchauffée à t_1, puis refroidie en champ nul, elle reprend le moment M_1; la composante de l'aimantation effacée par réchauffement à t_1 est exactement celle qui était due au refroidissement de t_1 à t_0.

Conséquences. — Considérons encore une terre cuite de moment M_0 acquis par refroidissement jusqu'à t_0 dans le champ terrestre; changeons sa position par rapport à ce champ :

1° Des refroidissements au-dessous de la température t_0 ne laissent pas de trace quand la terre cuite est revenue à cette température;

2° Des réchauffements, au contraire, altèrent en général l'aimantation; si t_1 est la température de réchauffement la plus élevée, cette altération, nulle si la direction du champ n'a pas changé, est une diminution dont la limite supérieure (renversement par rapport au champ) est $2(M_0 - M_1)$;

3° Ces faits sont décrits numériquement si l'on donne la variation de $M_0 - M_1$ en fonction de t_1. Désignons par a l'expression $(M_0 - M_1)/M_0(t_1 - t_0)$; on trouve que a varie avec t_1 et croît assez vite. Pour t_0 et t_1 compris entre 0° et 25°, nous avons trouvé pour les 10 briques de la série C : $a = 0{,}75.10^{-3}$ environ. Les essais sur d'autres briques donnent aussi des valeurs de l'ordre de 10^{-3}.

Ces effets de température ne peuvent pas être négligés dans les études géophysiques actuelles sur l'aimantation des terres cuites et des roches.

ÉLECTROCHIMIE. — *Augmentation accidentelle de la capacité équivalente d'une zone de passage* Couche de Beilby-électrolyte *avec des solutions d'iodures alcalins*. Note de M. **Félix-Jean Taboury**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'analogie entre les propriétés d'une électrode de mercure et celles d'une électrode métallique polie, de mêmes dimensions, immergées dans une même solution, a été signalée [1]. Les caractères principaux permettant d'établir ce rapprochement du point de vue électrostatique sont la possibilité de définir, dans l'un et l'autre cas, une *capacité équivalente* à celle de la zone de passage et la concordance des valeurs numériques obtenues dans des conditions analogues. Nous nous proposons d'analyser ici des circonstances au cours desquelles cette concordance se maintient avec une augmentation accidentelle et importante de la capacité équivalente.

Les capacités des électrodes de mercure se mesurent par l'intermédiaire des phénomènes électrocapillaires; celles des électrodes polies à surface de Beilby peuvent se mesurer par une méthode électrométrique directe, dont nous avons donné le principe [2]. On sait que les nombres obtenus sont, après réduction à l'unité de surface, non seulement très voisins, mais assez peu influencés par la nature de la solution lorsque celle-ci est constituée par des solutions aqueuses de sels oxygénés, de chlorures ou de bromures alcalins. Au contraire, d'après des données citées par Butler et Wightman [3], les capacités électrocapillaires prennent des valeurs exceptionnellement élevées avec des solutions d'iodures alcalins. Ce fait a été attribué à l'ion (I^-), qui se différencierait des ions (Cl^-) et (Br^-) par des propriétés d'adsorption spécialement importantes.

Nous avons donc déterminé les capacités équivalentes d'électrodes métalliques polies immergées dans des solutions d'iodures alcalins. Les valeurs trouvées se sont montrées effectivement très supérieures aux valeurs habituellement obtenues avec des chlorures, des bromures ou des sels oxygénés alcalins. Le rapport, variable avec les conditions de préparation de la solution d'iodure, peut atteindre 50 ou même 100. L'analogie citée plus haut se trouve donc confirmée dans ce cas.

---

(1) F. J. Taboury, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 887.

(2) F. J. Taboury, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1953.

(3) *J. Phys. Chem.*, 35, 1931, p. 3293.

Ce premier point acquis, il restait à étudier le mécanisme du phénomène et à en localiser l'origine. Nous avons pu établir que l'ion (I^-) n'en est pas la cause, mais que l'on doit plutôt l'attribuer au métalloïde en solution ou à l'ion complexe que celui-ci fournit avec la molécule d'iodure ([4]). Pour cela, remarquant que les solutions d'iodure de potassium contiennent toujours de l'iode, nous avons montré que, d'une part, des additions de faibles quantités d'iode entraînent des augmentations correspondantes de la capacité, et que, d'autre part, des solutions ne contenant pas d'iode fournissent des capacités du même ordre de grandeur que celles que fournissent les bromures ou les chlorures. Pour atteindre ce dernier résultat deux méthodes ont été utilisées : l'une consiste à détruire l'iode par une addition de potasse, l'autre à préparer une solution aussi exempte d'iode que possible. Pour cela l'iodure est préalablement fondu, puis dissous dans une eau distillée exempte d'oxygène et de gaz carbonique ([5]), c'est-à-dire dans de l'eau distillée bouillie.

Afin de compléter ce résultat, nous avons fait des mesures avec des solutions de chlorure et de bromure de potassium additionnées respectivement de chlore et de brome en quantités équivalentes. Les solutions contenaient $0^{mol},1$ d'halogénure par litre et de $0^{mol},01$ à $0^{mol},0001$ d'halogène. Nous avons constaté des augmentations de capacité du même ordre.

Ces dernières expériences ne peuvent être répétées avec des électrodes de mercure en raison de l'affinité de ce métal pour les halogènes. Celle-ci, dans le cas de l'iode, doit d'ailleurs compliquer un peu les mesures électrocapillaires; il ne faut pas oublier, en effet, que l'on utilise ordinairement le mercure pour décolorer les iodures colorés par de l'iode, et que les mesures électrocapillaires nécessitent un éclairage du ménisque favorisant la libération du métalloïde au niveau du métal. Avec les électrodes de platine poli ayant servi à ces essais, aucune attaque notable de la surface métallique n'est à craindre, car la surface de Beilby est restée intacte au cours des mesures; aucun polissage nouveau n'ayant été nécessaire. Un simple lavage à l'eau distillée permettait, par exemple, de retrouver, avec un chlorure, les résultats normaux, après un essai avec un chlorure additionné de chlore et ayant séjourné deux jours au contact de l'électrode.

Il semble donc établi que l'augmentation accidentelle de la capacité électrocapillaire constatée avec les iodures ait même origine que celle que

---

([4]) P. JOB, *Ann. Chim.*, 9, 1928, p. 142.

([5]) STOBBE et STEINBERGER, *Z. anorg. Chem.*, 161, 1927, p. 21.

l'on constate dans les mêmes conditions avec des électrodes à couche de Beilby, et que cette augmentation ne soit pas due à des propriétés particulières des ions (I^-). L'origine de ce fait doit être recherchée dans la présence de l'halogène dans la solution. Une étude complémentaire est nécessaire pour savoir s'il faut l'attribuer à l'halogène ou au complexe qu'il donne avec l'halogénure. Il faut toutefois remarquer, d'après les études qui ont été faites de cette réaction d'équilibre (4), que la concentration de l'iode libre est très faible par rapport à celle du complexe. La constante d'équilibre relative à la dissociation (5)



$$I^3K \rightleftharpoons I^2 + IK$$

est à 16°

$$k = \frac{C_{I^2} \times C_{IK}}{C_{I^3K}} = 1,25.10^{-5}.$$

Il en est de même des constantes d'équilibre relatives à la formation de complexes mixtes, tels que (Cl, Br^2) (6). Il y a donc lieu de croire que l'origine du phénomène est attribuable à la présence de complexes et non à celle de l'halogène en solution.

MAGNÉTOOPTIQUE. — *Effet Zeeman et nature de certaines raies nouvelles de l'hélium.* Note de M. **Pierre Jacquinot**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai entrepris l'étude de l'effet Zeeman des raies de l'hélium dont j'avais signalé l'existence dans une précédente Note (1). Ces raies sont du type $^3P - {}^1D$, $^1P - {}^3F$, $^1P - {}^1F$, $^3P - {}^{3,1}F$ et $^3P - G$. Certaines sont interdites par la règle de sélection pour S (intercombinaisons), d'autres par les règles de sélection pour L. L'effet Zeeman doit permettre de préciser la nature de ces raies, les décompositions étant différentes selon qu'il s'agit de raies *dipôles* à excitation naturelle, ou de raies « *dipôles forcées* » (par champ électrique) ou de raies *quadrupôles*.

Ces raies sont très voisines des raies intenses qu'elles accompagnent et leurs intensités sont de l'ordre du dix-millième de celles-ci : l'étude de

(6) E. Darmois et Tréhin, *J. Phys.*, 5, 1934, p. 735 S.; Mlle A. Riecmajou, *Dip. ét. sup.*, Paris, n° 597, 1935.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1896.

leur effet Zeeman présente donc de grandes difficultés. Le champ doit d'ailleurs être faible pour éviter que les composantes Zeeman des raies faibles se rapprochent des paquets formés par les composantes Zeeman surexposées des raies intenses.

La source lumineuse est un tube de 25cm de long, de 10mm de diamètre intérieur, en silice fondue à fenêtres planes. Il est vu en bout et excité en haute fréquence suivant une technique décrite précédemment ([2]). Un miroir plan placé derrière le tube permet d'augmenter sa longueur effective. Le tube est placé dans l'entrefer du grand électroaimant de Bellevue, muni de pièces plates de 25cm diamètre. Le courant d'excitation de l'électroaimant est seulement de 8 à 10 ampères : le champ ainsi obtenu est de l'ordre de 5000 gauss. Les raies sont photographiées avec le grand spectrographe à prisme liquide de Bellevue, muni du dispositif optique permettant l'examen de raies faibles voisines des raies intenses ([3]). Alors que la décomposition Zeeman de la raie 4471 est obtenue en une seconde de pose (dispersion 1 Å/mm), les raies P — F sont obtenues correctement avec des poses de 8 à 40 heures. Les raies $^3P-{}^1D$ n'ont pu être séparées des raies intenses $^3P-{}^3D$ trop voisines, et les raies P — G n'ont pu être obtenues à cause de leur trop faible intensité.

Les composantes Zeeman sont bien résolues sur les clichés, mais les écarts sont petits, et la précision des mesures est forcément assez faible (de 0,03 à 0,05 cm^{-1} suivant les raies, soit environ 15 % sur l'écart normal). Les raies observées sont les suivantes :

4920,57..........	$2\,^1P-4\,^3F$	4469,99........	$2\,^3P_{1,2}-4\,^3F$
4387,69..........	$2\,^1P-5\,^3F$	4025,60........	$2\,^3P_{1,2}-5\,^3F$
4143,51..........	$2\,^1P-6\,^3F$		

Il est à noter que toutes ces transitions partent des niveaux ^3F. Alors que sans champ on peut observer l'une à côté de l'autre les raies $^3P-{}^3F$ et $^3P-{}^1F$ ainsi que les raies $^1P-{}^3F$ et $^1P-{}^1F$, on n'obtient ici que les raies $^3P-{}^3F$ et $^1P-{}^3F$, qui sont d'ailleurs les plus intenses sans champ ([4]).

([2]) *Annales de Physique*, 2e série, 9, 1938, p. 236.

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1639.

([4]) Il ne s'agit pas d'un effet Paschen-Back entre ^1F et ^3F qui rassemblerait les raies partant de ^1F et ^3F en une décomposition Zeeman unique, car les décompositions observées sont bien symétriques par rapport aux positions sans champ des raies partant de ^3F.

Pour toutes les raies observées, les décompositions sont, à la précision des mesures, du type (1), 2, suivant la notation habituelle, c'est-à-dire qu'elles sont constituées par deux composantes d'écart normal vibrant parallèlement au champ (π), et deux composantes d'écart deux fois normal vibrant perpendiculairement au champ (σ). Il y a toutefois, sur 4387,69 et sur 4469,99, une très faible composante (σ) non déplacée. Si l'on fait abstraction de cette composante très faible ([5]), *les décompositions sont celles que donneraient des raies quadrupôles de singulets.*

En réalité, les raies observées ne sont pas des raies de singulets. Le niveau ^3F est la superposition des trois niveaux $^3F_2$, $^3F_3$ et $^3F_4$ non résolus : dans un champ, même très faible, ces trois niveaux subissent un effet Paschen-Back total.

D'autre part les niveaux $^3P_{0,1,2}$, dont les intervalles sont déjà très anormaux, se comportent de façon anormale dans le champ magnétique. Des mesures faites au cours de ce travail sur les groupes 5875 ($2\,^3P - 3\,^3D$), 4471 ($2\,^3P - 4\,^3D$), 4713 ($2P^3 - 4\,^3S$) et 4120 ($2\,^3P - 5\,^3S$) ont montré que l'ensemble des niveaux $2\,^3P_1$ et $2\,^3P_2$ non résolus ($\Delta\nu = 0,08$ cm^{-1}) se comportent, dans le champ de 5000 gauss, non comme la superposition des niveaux $^3P_1$ et $^3P_2$ subissant chacun leur *effet Zeeman*, mais comme un triplet ^3P ayant subi un *effet Paschen-Back complet.* Le niveau $^3P_0$, distant de 0,99 cm^{-1}, présente *individuellement son effet Zeeman* dans le champ de 5000 gauss, puis, pour des champs supérieurs à 10000 gauss, commence à participer à l'effet Paschen-Back général du triplet ([6]).

Les transitions $2\,^3P_{1,2} - {}^3F$, aussi bien que $2\,^1P - {}^3F$, dans le champ magnétique se présentent donc comme des cas d'effet Paschen-Back total. Aucun cas d'effet Paschen-Back total n'a été étudié jusqu'à présent, ni expérimentalement, ni théoriquement, pour des transitions quadrupôles : les règles de sélection pour ce cas ne sont donc pas connues. Par extension des règles connues pour l'effet Paschen-Back total des raies dipôles d'une part, et pour l'effet Zeemann des raies quadrupôles d'autre part, nous poserons, pour l'observation transversale,

$$\Delta M_S = 0, \qquad \Delta M_L = \pm 1\,(\pi), \qquad \Delta M_L = \pm 2\,(\sigma).$$

Avec ces règles, dans le cas du rayonnement quadrupôle, tout comme dans

---

([5]) L'existence de cette raie est probablement due à un effet Paschen-Back entre ^3F et ^1F.

([6]) Ces apparences avaient déjà été observées par Paschen et Back (*Annalen der Physik*, 39, 1912, p. 897), mais n'avaient pas reçu d'interprétation.

le cas du rayonnement dipôle, l'effet Paschen-Back total des raies des multiplets est identique à l'effet Zeeman des raies de singulets.

Il en sera de même dans le cas du rayonnement dipôle forcé (par champ électrique) (7). Les règles seront

$$\Delta M_S = 0, \qquad \Delta M_L = 0 \pm 1\,(\pi), \qquad \Delta M_L = 0, \pm 1, \pm 2\,(\sigma).$$

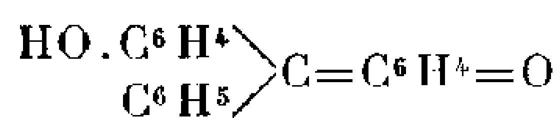
Rien de général ne peut être dit sur les intensités dans ce cas, sinon que les composantes $\Delta = \pm 1$ doivent avoir une intensité deux fois plus grande pour les composantes π que pour les composantes σ.

Les décompositions observées sont tout à fait différentes de celles qu'on peut calculer ainsi, alors qu'elles sont de type que l'on peut calculer d'après le paragraphe précédent.

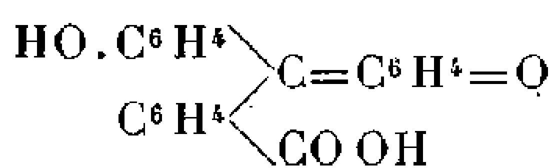
On doit donc considérer les raies $^3P_{1,2} - {}^3F$ et $^1P - {}^3F$ comme dues au rayonnement quadrupôle.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Structure et absorption des colorants hydroxylés dérivés du triphénylméthane. Étude de la tautomérie des benzaurines et des phtaléines.* Note de Mme **Pauline Ramart-Lucas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

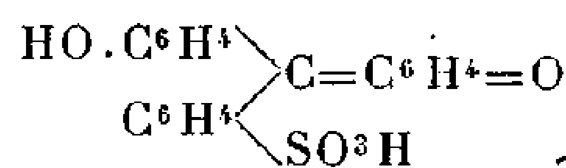
Au cours de recherches entreprises afin de soumettre au contrôle expérimental l'hypothèse que j'avais émise d'après laquelle les corps des séries de la benzaurine (I), de la phénolphtaléine (II) et de la phénolsulfonephtaléine (III), ayant des structures semblables doivent avoir des spectres d'absorption analogues (hypothèse que l'expérience a pleinement vérifiée) (1), j'ai observé, pour la première fois à ce que je crois, que la



(I)



(II)



(III)

benzaurine et l'éther de la tétrabromophénolphtaléine peuvent, en solutions neutres, exister sous deux formes tautomères colorées dans le visible et que, de même, en milieu neutre, les corps de la série (III) sont suscep-

(7) Voir par exemple à ce sujet Bakker et Segré, *Z. Physik*, **79**, 1932, p. 655.

(1) Mme Pauline Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1094.

tibles de prendre trois formes colorées, transformables l'une et l'autre réversiblement (soient A, B, B' ces trois formes) ([2]). Les spectres de deux des formes des corps de la série (III) sont tout à fait semblables à ceux des isomères de la benzaurine et de l'ester de la tétrabromophénolphtaléine (compte tenu de la présence de substituants sur les noyaux aromatiques).

L'analogie des spectres d'absorption de ces trois séries de corps ayant été définitivement établie, j'ai pensé que leurs possibilités de métamorphoses devaient être aussi les mêmes et que, par suite, si l'apparition de l'une des formes des phénolsulfonephtaléines n'est pas liée à la présence du groupe SO^3H, les benzaurines et les phénolphtaléines doivent également pouvoir exister en milieux neutres sous trois formes, identiques à celles des phénolsulfonephtaléines. J'ai alors repris l'étude spectrale des benzaurines et des phtaléines en opérant dans des conditions très variées de solvants et de dilutions et j'ai constaté que cette hypothèse se vérifie.

Les mesures d'absorption ont été effectuées, lorsque la solubilité le permettait, dans l'éther, l'alcool, le benzène, le dioxane; en milieu alcalin et en présence d'acides (ClH, $CH^3.CO^2H$). Les concentrations ont varié selon les cas de N/200 à N/50.000. Par suite de la facilité avec laquelle la benzaurine, en présence d'eau ou d'alcool, se transforme en dérivé carbinolique, l'analyse spectrale de ce composé doit être regardée comme qualitative dans l'alcool et les solvants non anhydres. La tétrabromobenzaurine est plus stable, mais sa faible solubilité limite l'étude de ses formes tautomères.

La benzaurine en solution neutre dans le benzène, l'éther, le dioxane, $CHCl^3$ N/50000, prend la forme A; dans $CHCl^3$ N/2000 elle se trouve sous les deux formes A et B'. Si l'on acidule légèrement cette solution, le spectre de la forme B' apparaît seul. Enfin, dans l'alcool absolu faiblement alcalinisé, on ne peut déceler que la forme B. Les solutions de la térabromobenzaurine dans $CHCl^3$, le dioxane, le benzène et l'éther contiennent seulement la forme A. Dans l'alcool neutre et dans NaOH alcoolique, ce corps possède la forme B (mélangée à la forme carbinol). L'ester éthylique de la tétrabromophénolphtaléine dans le benzène et le dioxane est sous la forme A; dans l'alcool cet ester se trouve sous les deux formes A et B pour les concentrations N/2000 et N/20000. A mesure que la dilution augmente,

---

([2]) Mme Pauline Ramart-Lucas, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1312; *XIXe Congrès de Chimie industrielle* (*Chimie et Industrie*, 45, mars 1941, p. 285).

les proportions de A diminuent et pour N/50000 c'est surtout la forme B qui est présente. Enfin les solutions de ce corps dans CO^3Na^2 hydro-alcoolique et de son sel de K dans l'alcool ne contiennent que la forme B. Une partie des résultats obtenus sont résumés par les courbes tracées sur les figures 1, 2, 3.

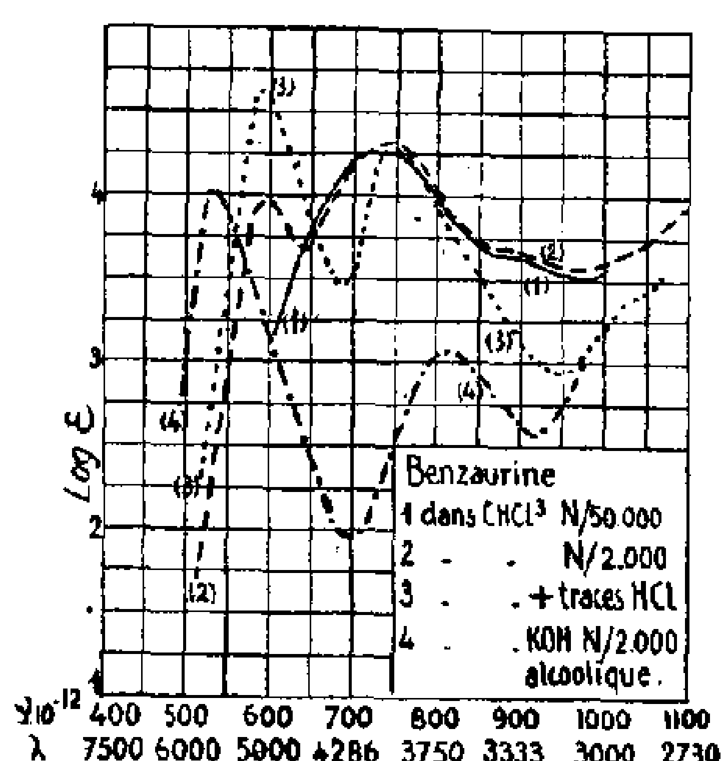


Fig. 1.

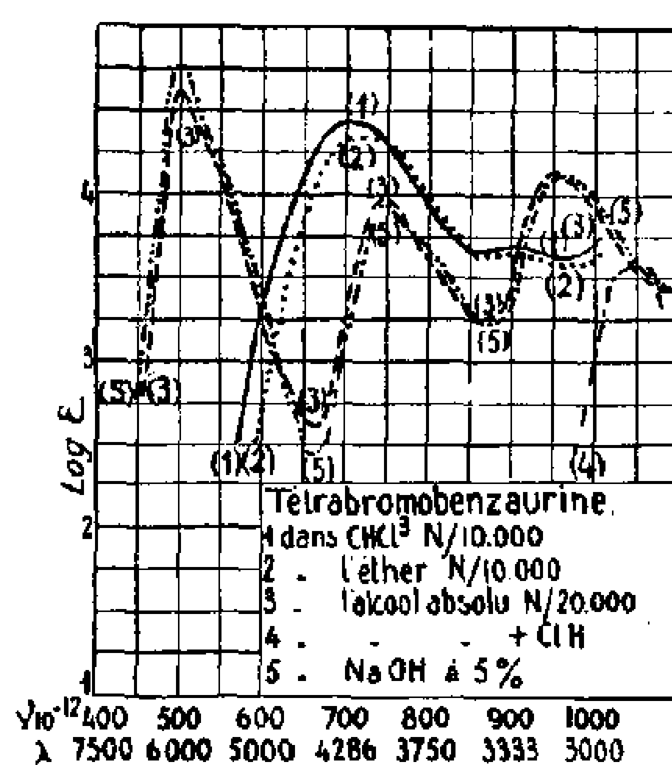


Fig. 2.

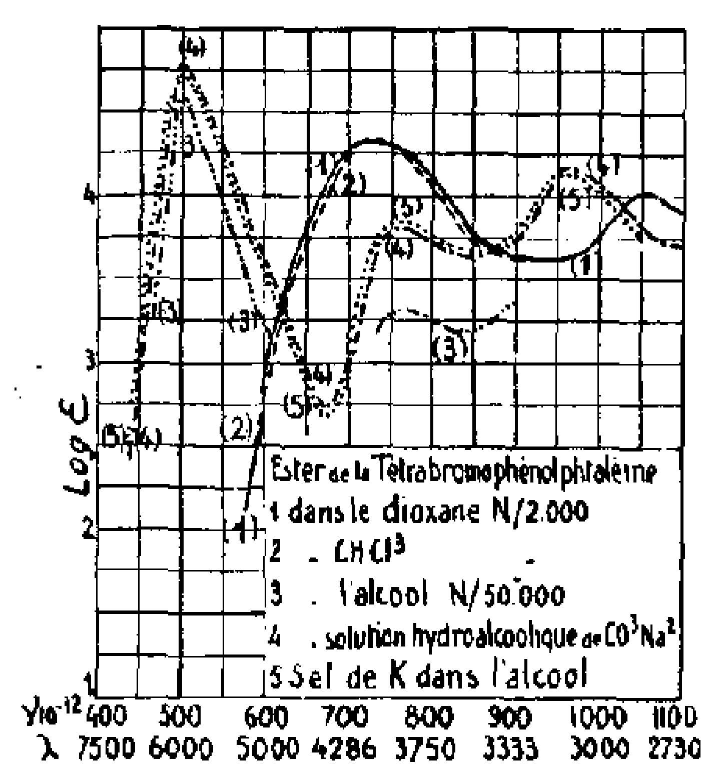


Fig. 3.

L'ensemble des recherches faites ont permis d'établir que :

1° Comme les phénolsulfonephtaléines, les corps des séries (I) et (II) sont susceptibles d'exister sous trois formes colorées dans le visible transformables l'une en l'autre réversiblement. L'équilibre entre ces trois formes varie suivant le solvant, la concentration, le pH des solutions et aussi suivant le nombre et la nature des atomes ou des radicaux fixés sur les noyaux aromatiques.

2° L'introduction d'atomes de Br dans la benzaurine ne change pas l'allure générale des spectres de chacune des formes tautomères et provoque seulement un effet bathochrome.

3° Le spectre d'une forme donnée, A par exemple, possède sensiblement la même allure quelle que soit la série à laquelle appartient le corps qui se trouve sous cette forme.

En résumé, l'hypothèse selon laquelle les corps des séries de la benzaurine, de la phénolphtaléine et de la phénolsulfonephtaléine, ayant sensiblement les mêmes spectres, doivent avoir les mêmes possibilités de métamorphoses se trouve vérifiée.

PHYSICOCHIMIE. — *Comportement des solutions de différents savons de sodium à l'interface huile de vaseline-eau.* Note de M. **Raymond Cavier**, présentée par M. Maurice Javillier.

La tension interfaciale, ou tension superficielle à la surface de séparation de deux liquides non miscibles, est une grandeur plus significative pour le biologiste que la tension superficielle d'un liquide au contact de l'air, et il nous a paru nécessaire d'évaluer la valeur de cette tension interfaciale pour essayer d'expliquer les faits que nous avons constatés au cours de nos recherches sur l'hémolyse produite par les savons.

En utilisant la méthode du nombre de gouttes, et en opérant dans des conditions bien déterminées, nous avons pensé avoir la possibilité de comparer l'action exercée par les solutions de divers savons; la tension interfaciale est inversement proportionnelle au nombre de gouttes. Nous avons utilisé les mêmes solutions de savons que dans nos mesures de tension superficielle [1]; ce sont des solutions rendues isotoniques au sérum sanguin par addition de chlorure de sodium et tamponnées à pH 9. Au moyen d'un compte-gouttes de Duclaux maintenu dans la position verticale et dont l'extrémité plonge de 5^{mm} dans de l'huile de vaseline, nous faisons écouler la solution de savon à raison de dix gouttes par minute. Nous avons employé l'huile de vaseline de préférence à une huile grasse, de façon à avoir un produit de bonne conservation et par suite identique à lui-même d'une expérience à l'autre. L'huile de vaseline dont nous nous sommes servi est l'huile pure officinale :

(D^4_{20} 0,884; viscosité, 18,44 centipoises à 20°C.)

Le compte-gouttes doit être nettoyé après chaque mesure au moyen du mélange chromique chaud, puis soigneusement rincé à l'eau distillée et séché. En opérant de cette manière, les gouttes mouillent uniformément l'extrémité plate du compte-gouttes, se forment régulièrement, et le liquide n'a pas tendance à monter le long des parois extérieures du tube capillaire, ce qui aurait pour conséquence de fausser les mesures. Dans ces conditions, avec l'appareil que nous utilisons, pour une température de 20°C. (±1°), l'eau distillée fournit 16 gouttes 1/2; la solution tampon de pH 9, diluée au 1/5e avec une solution de chlorure de sodium à 8 ‰, donne 18 gouttes.

(1) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1146.

Le tableau ci-dessous fait connaître le nombre de gouttes fournies avec le même compte-gouttes pour chacune des solutions expérimentées, quand on opère dans l'air (colonne A) ou dans l'huile de vaseline (colonne B).

Nombre de gouttes données par les solutions de savons isotoniques et tamponnées à pH 9; dans l'air (A) *et dans l'huile de vaseline* (B).

	2M.10⁻⁵.		M.10⁻⁴.		2M.10⁻⁴.		M.10⁻³.		2M.10⁻³.		M.10⁻².	
	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.	A.	B.
Oléate de sodium	101	21,5	103	24	108	30,5	141	46	178	60	251	127
Linoléate »	101	22	104	26,5	111	32,5	168	51	207	75	248	flot
Linolénate »	101	23	105	30	115	36,5	183	64	226	99	244	flot
Ricinoléate »	105	19,5	117	24	129	29	164	47	182	65	204	97
Dibromoricinoléate de sod..	112	20	128	27	138	39	184	80	200	118	217	156
Laurate de sodium.........	»	»	103	19	105	21	123	25	149	35	290	105
α-Bromolaurate de sodium..	»	»	105	19	109	24	140	34	168	44	186	93
Oxystéarolate » ..	103	20	108	22	118	24,5	140	33	157	39	189	67
Hydnocarpate » ..	101	20	104	23	110	28	155	55	172	69	225	flot
Chaulmoograte » ..	101	20	102	22,5	104	26	126	43	146	51	172	86

Les résultats de nos mesures nous permettent de tirer les conclusions suivantes :

1° Comme la tension superficielle, et d'une manière plus notable encore, la tension interfaciale huile/eau est abaissée par les savons;

2° Dans les grandes lignes, les savons peuvent se ranger dans le même ordre, que l'on envisage la tension de leurs solutions par rapport à l'air ou par rapport à l'huile. Pour les savons des acides gras non saturés, l'abaissement de la tension interfaciale est d'autant plus grand que le nombre de doubles liaisons est plus élevé, le dibromoricinoléate est plus tensio-actif que le ricinoléate; l'α-bromolaurate abaisse plus la tension interfaciale que le laurate; il y a peu de différence entre l'activité du ricinoléate de sodium et celle de l'oléate;

3° Pour les concentrations relativement grandes (M. 10^{-2}), les solutions de certains savons (linoléate, linolénate, hydnocarpate) ont une tension si faible qu'il ne se forme plus de gouttes, le liquide s'écoulant alors en un flot continu;

4° Les savons issus de l'huile de chaulmoogra, et plus particulièrement l'hydnocarpate de sodium, ont une action plus marquée sur la tension interfaciale que sur la tension superficielle, fait intéressant à souligner étant donné l'activité physiologique et pharmacodynamique de ces corps.

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Sur les deux domaines d'inflammation des hydrocarbures.* Note [1] de M. GEORGES REUTENAUER.

Le but des travaux résumés dans cette Note est de définir les variations des températures limites inférieures et supérieures qui bornent le domaine de première inflammation des hydrocarbures.

Notre étude a porté sur un composé aliphatique, l'hexadécène ou cétène et sur deux composés cycliques, le méthyl-1-isopropylène-4-cyclohexène-1 ou dipentène et le décahydronaphtalène. Nous avons utilisé la méthode dynamique : un mélange gazeux oxygène-azote-combustible, de composition variable, passe dans une enceinte dont la température s'élève lentement.

Les variations des domaines de températures permettant l'inflammation, lorsque l'on modifie les concentrations des constituants des systèmes gazeux, sont très différentes selon le combustible utilisé.

Dans le cas du cétène et du décahydronaphtalène, si la pression d'oxygène permet la combustion vive au-dessous de 300°C., le mélange s'enflamme dans un intervalle de température de quelques dizaines de degrés (250° à 280°). Comme plusieurs auteurs [2] l'avaient constaté précédemment avec d'autres combustibles, les températures limites inférieures et supérieures ne se déplacent que très faiblement si la composition du mélange varie. En particulier, l'augmentation du pourcentage d'oxygène entraîne une élévation de la température limite supérieure ne dépassant jamais 10°, tandis que la teneur en hydrocarbure demeure sensiblement sans influence. En revanche, la température limite inférieure du deuxième domaine d'inflammation dépend des concentrations de l'oxygène et du combustible, mais ne s'abaisse jamais au-dessous de 450°.

La combustion du dipentène présente des phénomènes très différents. La figure 1 montre les variations des températures limites en fonction des pourcentages d'hydrocarbures et d'oxygène. Avec les mélanges faiblement carburés (courbe I, mélange à 2,9 % de combustible), l'augmentation de

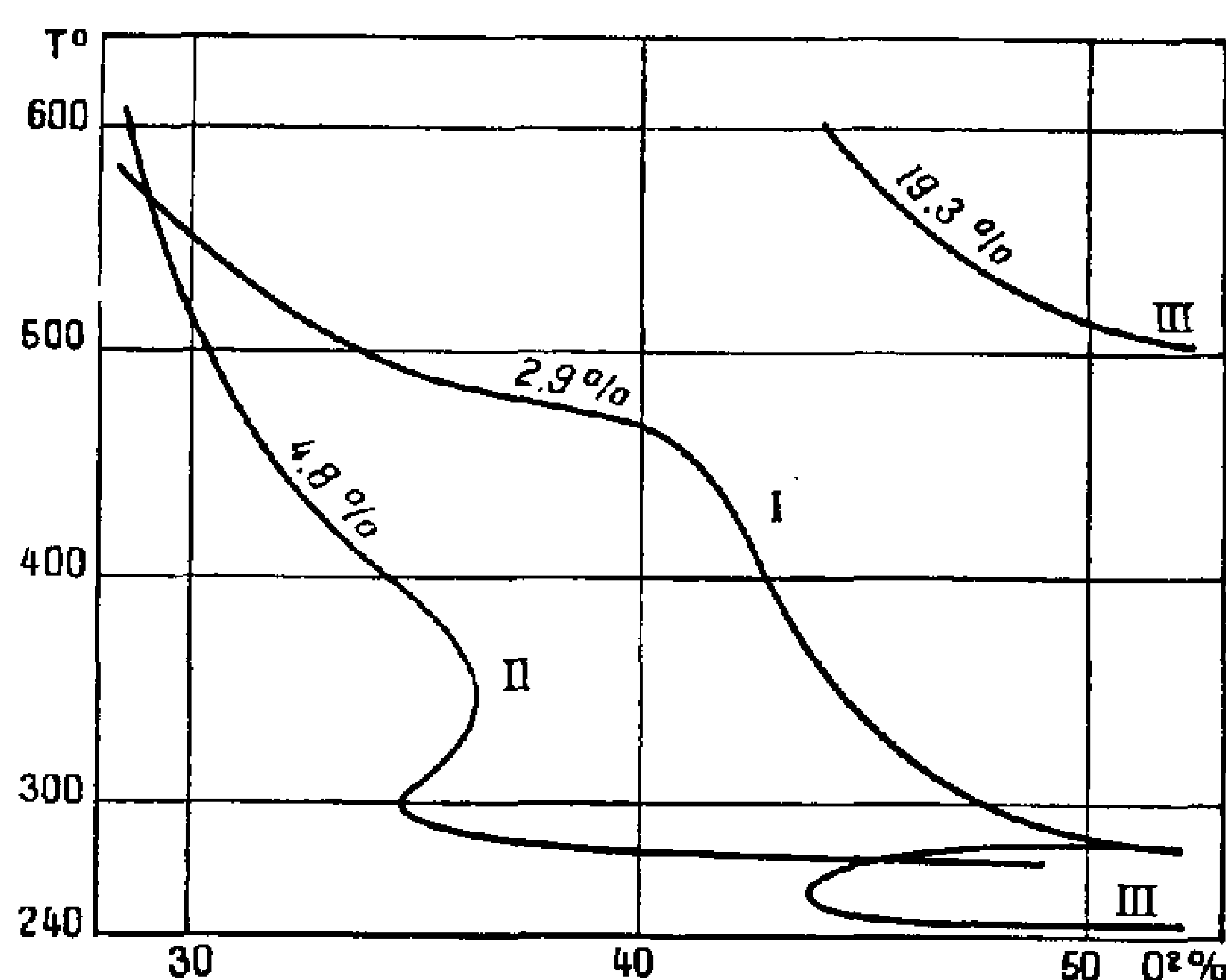
---

(1) Séance du 7 juillet 1941.

(2) M. PRETTRE, *Annales des Combustibles liquides*, 6, 1931, p. 533; D. T. A. TOWNSEND, L. L. COHEN et M. R. MANDLEKAR, *Proceedings of the Royal Society*, A, 146, 1933, p. 113; F. J. DYKSTRA et GRAHAM EDGARD, *Industrial and Engineering Chemistry*, 26, 1934, p. 509.

la concentration en oxygène abaisse rapidement la limite de deuxième inflammation. Les fortes pressions de comburant permettent l'explosion du mélange gazeux à toute température supérieure à 280°; dans ce dernier cas, le délai d'inflammation diminue régulièrement à mesure que la température s'élève.

Les mélanges possédant une plus forte teneur en combustible (courbe II, mélange à 4,8 %) présentent, au contraire, une limite supérieure de pre-



mière inflammation tant que la pression d'oxygène n'est pas trop élevée. Mais un accroissement de la concentration en oxygène fait disparaître la séparation entre les deux domaines d'inflammation.

Enfin, pour les systèmes fortement carburés (courbe III, mélange à 19,5 %), la démarcation des deux domaines se fait normalement, la première inflammation ayant lieu entre 200° et 280°, tandis que le second processus d'oxydation n'entraîne l'explosion qu'à partir de 500°.

On doit, sans doute, rechercher la cause de ces différents phénomènes dans la formation de composés intermédiaires (aldéhydes ou peroxydes) lors des premiers stades de l'oxydation à basse température. On sait le rôle très important attribué à ces composés dans la création des flammes chaudes. Dans la plupart des cas, la réaction explosive est entravée par le fait que l'oxydation ne fournit pas ou ne fournit plus, au-dessus d'une certaine température, ces substances nécessaires à l'inflammation. C'est ce qui avait été constaté pour tous les hydrocarbures étudiés jusqu'ici. Avec le dipentène, au contraire, ces produits intermédiaires se forment en

quantité suffisante pour provoquer l'inflammation si la teneur en hydrocarbure est faible. Mais, pour de fortes concentrations en combustible, l'accélération de l'oxydation du dipentène, provenant de l'élévation de température, entraîne une diminution de la concentration en oxygène trop rapide pour permettre d'atteindre une teneur convenable en composé responsable de l'inflammation.

GÉOLOGIE. — *Sur la formation des phosphates de chaux sédimentaires.* Note (¹) de M. André Rivière, transmise par M. Lucien Cayeux.

L'étude géologique et micrographique de nombreux gisements phosphatés a conduit M. Cayeux à d'importantes conclusions générales (²) et (³) :

1° Il n'y a pas de sédimentation phosphatée actuelle.

2° Les couches phosphatées se sont formées à faible profondeur et sont liées à des variations rapides du niveau marin marquées par la présence, à la base des séries, de discontinuités stratigraphiques (changement de faciès, ravinements, conglomérats etc.).

3° Parfois abondants, les débris organiques sont en quantité insuffisante pour rendre compte de l'importance des gisements et peuvent manquer totalement.

4° Il y a donc lieu d'admettre un apport d'origine externe, et les bactéries trouvées dans certains gisements ont dû jouer un rôle dans leur élaboration (⁴).

5° Une grande partie des phosphates sédimentaires résulterait de l'épigénie de sédiments primitivement calcaires (⁵).

J'ai pensé qu'il serait intéressant de mettre en parallèle ces conclusions basées sur l'observation avec les résultats de l'étude expérimentale (⁶).

La teneur en phosphates des océans actuels (généralement moins de 100 milligrammes de P^2O^5 par mètre cube) est toujours inférieure à la solubilité des phosphates (⁶) dans les conditions normales de pH (au moins plusieurs grammes de P^2O^5 par mètre cube), et aucun dépôt phosphaté à teneur un peu élevée ne peut s'y constituer, même pas, sans doute, par transformation de sédiments carbonatés préexistants, ce qui confirme

(¹) Séance du 30 juin 1941.

(²) *Ann. South Afr. Mus.*, 31, 1934, p. 105.

(³) *Les phosphates de chaux sédimentaires* (*Les ressources minérales de la France d'Outre-Mer*, 4, 1935, p. 5).

(⁴) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1198.

(⁵) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 736.

(⁶) A. Rivière, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1038.

les conclusions de M. L. Cayeux, relatives aux nodules dragués dans les mers actuelles et leur donne une portée générale. Dans les régions tempérées, cette faible teneur en phosphates varie saisonnièrement en sens inverse de l'abondance du plankton et, dans beaucoup de mers tropicales (surtout coralliennes), il n'y a plus de phosphates dosables, toute trace d'éléments nutritifs solubles étant immédiatement utilisée par les êtres vivants. La teneur en phosphates ne peut donc s'élever beaucoup [*op. cit.* ([3]), p. 7]; les apports éventuels par les eaux continentales se traduisent surtout par un accroissement de la masse vivante sans pouvoir amener les concentrations nécessaires à la sédimentation phosphatée. Nulle part d'ailleurs il ne semble avoir existé, à proximité des grands gisements de phosphates sédimentaires, de formations anciennes suffisamment riches en phosphore pour avoir alimenté cette sédimentation. Les couches à phosphates n'ont donc pu se constituer que dans des bassins, parfois étendus, mais relativement isolés de la mer libre et bénéficiant d'un énorme apport externe sous une forme qui, ne pouvant être minérale, est nécessairement organique.

Des indications intéressantes peuvent être recueillies dans la nature actuelle : le Zuyderzee recevait chaque année (avant son assèchement) d'immenses bancs de poissons qui venaient y frayer. L'énorme gaspillage d'œufs et de laitance (représentant une partie appréciable du poids des animaux) et la destruction de nombreux reproducteurs affaiblis par la ponte, constituaient un énorme apport organique, riche en phosphore, en grande partie libéré à l'état de phosphates par les actions bactériennes et la digestion des prédateurs (carnivores aquatiques et oiseaux). Les courants de marée empêchaient évidemment toute élévation notable de la teneur en phosphates, mais des conditions biologiques analogues, réalisées dans des lagunes ou des bassins peu profonds (les actions aérobies jouant un rôle important) et relativement isolés (par exemple par des hauts fonds), amèneraient une élévation progressive de la teneur en phosphates et leur précipitation, ou tout au moins l'épigénie ([7]) de sédiments préexistants dans les zones de pH suffisamment élevé ([8]), à proximité, bien que peut-être en dehors, des régions d'accumulation organique maxima. L'extension de certains gisements implique que de telles conditions de profondeur et d'isolement se trouvaient réalisées sur d'immenses surfaces, ce qui n'est

---

([7]) L. Cayeux, *Comptes rendus*, 212, p. 736, 1941.

([8]) A. Rivière, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1038.

guère possible que dans les mers épicontinentales, soit dans les zones pénéplanées récemment envahies, avant que les fonds n'aient pris leur profil d'équilibre aux profondeurs régulièrement croissantes vers le large, soit à la suite de mouvements des fonds ([9]), l'isolement pouvant être assuré dans les deux cas par la persistance de reliefs plus ou moins immergés. De telles conditions ne peuvent persister que peu de temps après les ruptures d'équilibre leur ayant donné naissance, et l'on a là l'interprétation probable de l'un des faits les plus remarquables mis en évidence par M. L. Cayeux [*op. cit.* ([2]), p. 8]. Ajoutons enfin que, la faiblesse des marées étant une circonstance favorisante, il est normal que les gisements phosphatés les plus riches de l'Eurasie soient des dépendances du domaine mésogéen.

Observations géologiques et micrographiques, résultats expérimentaux et données biologiques s'accordent donc à nous montrer que la plupart des grands gisements de phosphates, liés à des migrations périodiquement répétées d'animaux marins ou peut-être à des zones de pullulation analogues à celles reconnues en certains points des océans ([10]) (Adriatique nord, mer du Tonkin etc.), peuvent être considérés comme résultant de la concentration biologique en des régions géologiquement et bathymétriquement privilégiées des phosphates primitivement disséminés à faible concentration dans les étendues océaniques. A beaucoup plus grande échelle, on retrouve un mécanisme analogue à celui qui aboutit dans le domaine continental à la constitution des dépôts phosphatés des cavernes (par accumulation de guano et d'ossements).

Les conditions de formation des gisements phosphatés ne sont donc pas sans présenter des analogies avec celles des gisements pétrolifères, mais la libération du phosphore organique à l'état de phosphate implique une activité bactérienne aérobie capable de détruire par oxydation la plus grande partie de la matière organique, tandis que, dans la formation des gîtes pétrolifères, les actions anaérobies ont prédominé. La prépondérance de l'un ou de l'autre de ces modes d'activité bactérienne devait dépendre des conditions de profondeur, de température et aussi de la nature de la sédimentation (les actions anaérobies étant favorisées par une plus grande profondeur et des sédiments imperméables), mais il semble que dans

---

([9]) L. Cayeux, *Les phosphates de chaux sédimentaires de France*, 1, 1940, p. 254.

([10]) L. Germain et E. Fischer-Piette, *Mém. de la Soc. de Biogéographie*, 7, 1940, p. 364.

certains cas (phosphates imprégnés d'hydrocarbures), ils aient pu se trouver réalisés simultanément ou plutôt à des intervalles de temps très rapprochés.

SÉISMOLOGIE. — *Amortissement des ondes de Rayleigh.* Note [1] de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

L'amortissement des ondes superficielles des séismes pendant leur propagation a été déterminé sur les enregistrements de séismographes horizontaux [2], mais n'a fait l'objet d'aucun travail utilisant la composante verticale du mouvement du sol. Or un séismogramme Galitzine vertical de l'observatoire de Ksara, qui m'avait été confié pour étudier l'agitation microséismique, porte également, le 18 octobre 1935, l'enregistrement d'un séisme d'épicentre 147° E et 44° N, où apparaissent, à 3 heures d'intervalle, deux trains d'onde de même durée et de même période, reproduits sur la figure ci-après, dont le second semble bien être le retour du premier après un tour complet du globe terrestre.

En effet le second débute 3 h. 01 min. après le premier, soit, pour un trajet de 40000^{km}, dont les 2/3 sont océaniques, une vitesse de $3^{km},68$ par seconde, de l'ordre habituel de la vitesse de propagation des ondes longues [2]. La vitesse de la première onde, sur le trajet le plus court de l'épicentre à Ksara, qui se fait entièrement à travers le continent asiatique, n'a été que de $3^{km},35$ [3] : on retrouve donc, d'une façon très nette, la différence bien connue des vitesses de propagation des ondes superficielles sur les trajets continentaux et océaniques.

La période et l'amplitude de toutes les ondes ont alors été mesurées de $0^h 54^m$ à $1^h 23^m$ (onde V_1) et de $3^h 56^m$ à $4^h 23^m$ (onde V_3), et leur moyenne calculée pour chaque intervalle d'une minute correspondant aux interruptions du tracé. Les courbes de la figure représentent la variation de ces moyennes.

Le début de l'onde V_3 est caractérisé par une augmentation de l'amplitude ($3^h 58^m$); le début de l'onde V_1 se manifeste surtout par la variation de période des ondes ($0^h 57^m$); pour les deux trains d'onde, le maximum de l'amplitude se produit 6 minutes après le début, et un second maximum est observable sur les deux courbes 6 ou 7 minutes après le premier. Du début à la fin des deux trains d'onde, la période diminue progressivement; peu après le second maximum d'amplitude, il se produit une recrudescence de la période, qui atteint $20^s,5$ sur V_1 et $19^s,3$ sur V_3.

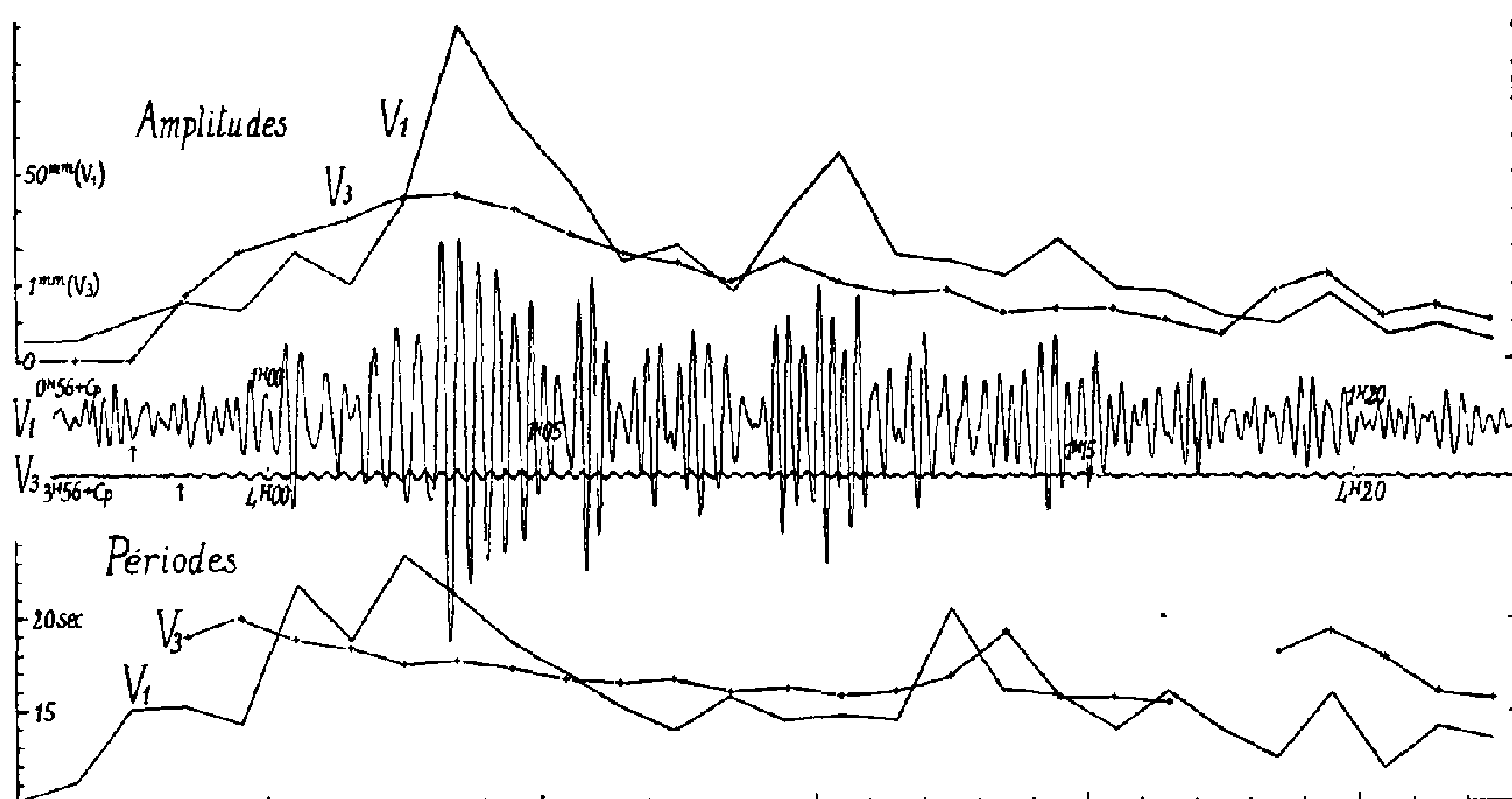
---

(1) Séance du 7 juillet 1941.

(2) Galitzine, *Bull. de l'Ac. Imp. des Sc. de St-Pétersbourg*, 2, iv, 1909, p. 296.

(3) En adoptant pour heure origine du séisme $0^h 12^m$, d'après les données de l'*Annuaire de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg* pour 1935 (2e Partie, *Séismologie*, p. 52).

Les ondes V_3 et V_1 présentent ainsi, malgré une différence de parcours de 4000^{km}, une similitude de caractères très marquée : la seule transformation est une répartition plus régulière des amplitudes (avec la disparition des *battements*), et des périodes, qui varient d'une façon moins accentuée pour V_3 que pour V_1, la période des deux



trains d'onde étant d'ailleurs exactement la même ($17^s,1$ de 0^h58^m à 1^h12^m et $17^s,2$ de 3^h59^m à 4^h13^m); l'équidistance des deux maxima d'amplitude correspondant à des périodes légèrement différentes montre d'autre part que le train d'onde ne s'est pas allongé par dispersion.

Nous pourrons donc déterminer le coefficient d'amortissement des ondes dans des conditions meilleures que Galitzine, qui considère l'amplitude maxima des ondes V_1 et V_2 arrivant à la station de deux directions opposées, et dont la période présente une différence du simple au double.

Le coefficient d'amortissement k est donné par la formule

$$\frac{E_1}{E_3} = e^{k(d_3-d_1)},$$

avec, dans le cas présent, $d_3 - d_1 = 40\,\mathrm{M}m$. E_1 et E_3 représentent l'énergie moyenne de chaque train d'onde, proportionnelle à a^2/T^2. La quantité a^2/T^2 a été évaluée pour chaque minute en tenant compte, dans le calcul de l'amplitude des ondes a, de l'amplification du séismographe pour les mouvements de période T. On obtient pour k :

1° en comparant les intervalles de 0^h58^m à 1^h06^m et de 3^h59^m à 4^h07^m,

$k = 0,167$ par 1000^{km} (période moyenne $18^s,4$);

2° pour les intervalles de 1^h06^m à 1^h12^m et de 4^h07^m à 4^h13^m,

$k = 0,168$ (période moyenne $15^s,5$);

3° en prenant la plus grande onde de chaque train,

$k = 0,191$ pour une période de 19 secondes (1^h03^m et $4^h02^m30^s$),
$k = 0,193$ » $15^s,7$ (1^h10^m et 4^h09^m).

Ce sont évidemment les valeurs de k obtenues sur des intervalles de plusieurs minutes qui expriment le mieux l'amortissement de l'énergie du train d'onde : la valeur moyenne $k = 0,167$ correspond à une diminution de l'énergie de 18 % par 1000^{km} (9 % pour l'amplitude moyenne du mouvement du sol qui est proportionnelle à l'accélération, la période étant constante); l'amplitude maxima diminue un peu plus rapidement (10 % par 1000^{km}). On doit enfin remarquer l'augmentation légère du coefficient d'amortissement lorsque la période diminue.

L'onde V_1 vient de l'épicentre à la station en 45 minutes, et l'onde V_3 accomplit le tour du globe en 3 h. 01 min.; l'onde V_2, qui passe en sens inverse par l'antiépicentre, devrait être enregistrée 3 h. 01 — 0 h. 45 = 2 h. 16 min. après l'heure origine du séisme, c'est-à-dire à 2^h28^m. On observe en effet sur le séismogramme vers 2^h33^m l'arrivée de trains d'ondes dont l'amplitude est à peine supérieure à celle de l'onde V_3, bien que la différence des trajets $d_2 - d_1$ ne soit que 21900^{km} au lieu de 40000. Il est donc évident que la transmission des ondes de Rayleigh ne s'est pas faite avec la même énergie de l'épicentre vers Ksara et dans la direction opposée.

L'exemple étudié ici montre la possibilité d'identifier sur un séismogramme vertical des ondes ayant accompli le tour entier de la Terre. Cette possibilité résulte de la forte amplification du séismographe de Ksara (amplification maximum 1870 fois, avec une période propre du pendule de $11^s,2$), permise par la faiblesse de l'agitation microséismique dans cette station. Il serait intéressant d'examiner, à l'aide d'autres enregistrements, si le coefficient d'amortissement varie suivant le grand cercle parcouru par les ondes, c'est-à-dire suivant l'azimut de l'épicentre.

ZOOLOGIE. — *Nouvelle conception sur les rapports éthologiques des Entonisciens et de leurs hôtes. Critique de la théorie classique ectoparasitaire.* Note de M. **Pierre Drach**, présentée par M. Charles Pérez.

Les Entoniscidés se distinguent de tous les autres Épicarides par leur forme aberrante très éloignée du type Isopode et par les rapports éthologiques spéciaux qu'ils contractent avec leurs hôtes (Décapodes Brachyoures et Anomoures); au lieu de vivre en parasites externes dans la cavité branchiale ou sur l'abdomen de ceux-ci, ils sont placés au milieu des viscères. Malgré cette situation, Giard et Bonnier (1887) ([1]), auteurs d'un Mémoire fondamental sur ce groupe (Mémoire auquel sont empruntées toutes les notions exposées dans les traités classiques), ont insisté sur le fait que ces parasites doivent être considérés comme morphologiquement et physiologiquement externes, s'opposant ainsi à la conception de Kossmann (1882) ([2]) qui les considérait comme des parasites internes, sans en fournir toutefois de preuves suffisantes. La thèse de Giard et Bonnier, qui a prévalu jusqu'ici, est basée sur les arguments suivants : 1° le parasite est entouré par une enveloppe membraneuse ou *fourreau* appartenant à l'hôte; cette enveloppe serait une invagination de la paroi branchiale du Crabe, refoulée par l'entrée du jeune parasite et distendue au cours de son développement; l'espace interne de cette enveloppe ne serait qu'un diverticule de la cavité branchiale de l'hôte communiquant avec elle par un petit orifice; 2° par cet orifice l'eau de mer entrerait et circulerait autour du parasite, mise en mouvement par ses pléopodes et sa première paire d'oostégites. L'Entoniscien vivrait donc entouré d'eau de mer dans une invagination ectodermique de son hôte; il se nourrirait en perçant la paroi de cette invagination et en aspirant le sang du Crabe comme un Céponien branchial. Dans cette conception l'Entoniscien est morphologiquement et physiologiquement externe; la seule différence éthologique qui le sépare des Bopyriens s.s, parasites branchiaux, est une différence d'ordre topographique.

Mes observations sur *Portunion mænadis* Giard, *Portunion Moniezii* Giard, *Cancrion floridus* Giard et Bonnier (parasites de *Carcinides mænas*

([1]) *Trav. Lab. Zool. Wimereux*, 5, 1887, pp. 1-272.
([2]) *Zool. Anz.*, 5, CIII, 1882, p. 154.

LINNÉ, *Portunus puber* LINNÉ et *Xantho floridus* MONTAGU) me conduisent à envisager d'une manière tout à fait différente les rapports physiologiques et morphologiques des Entonisciens et de leurs hôtes.

La circulation d'eau extérieure autour du parasite a été mise en doute par D. Atkins (1933)(³) chez *Pinnotherion vermiforme* GIARD et BONNIER, et contestée avec des arguments plus précis dans le travail récent de Miyashita (mars 1941)(⁴) sur un Entoniscidé nouveau du Japon, *Entionella fluviatilis*. Cette circulation d'eau, argument physiologique fondamental de la théorie ectoparasitaire, n'existe pas. J'en apporte la preuve décisive par l'expérience suivante : plusieurs lots de *Carcinides mænas* sont placés dans des cristallisoirs remplis d'eau de mer colorée par du bleu de méthylène (1/10000); au bout de quelques heures, les animaux, tous parfaitement vivants, sont ouverts; leur cavité branchiale est intensément colorée; mais les quelques individus parasités qui se trouvent parmi eux (5 %) ne montrent aucune trace de coloration à l'intérieur du fourreau qui enveloppe le parasite : aucune entrée d'eau n'a donc eu lieu.

D'autres observations, s'ajoutant aux arguments de Miyashita, confirment le résultat de cette expérience. En l'absence de circulation d'eau de mer autour du parasite, on est conduit à admettre que l'hémolymphe du Crabe passe à travers l'enveloppe (diffusion, osmose), qui est toujours d'une extrême minceur.

Dans son travail, Miyashita s'en tient à la critique de la notion d'ectoparasitisme au point de vue physiologique; il admet la liaison primitive et permanente de l'enveloppe avec la cavité branchiale de l'hôte, c'est-à-dire l'ectoparasitisme morphologique; cela tient à ce qu'il n'a eu l'occasion d'observer que des stades adultes et une seule forme *asticot*. L'observation de nombreuses femelles jeunes (26 individus) à des stades intermédiaires entre la forme *asticot* et les formes à cavité incubatrice achevée, me conduit à pousser beaucoup plus loin la critique de la théorie ectoparasitaire; en effet chez tous ces individus, je n'ai jamais pu trouver la moindre liaison entre le fourreau et la cavité branchiale de l'hôte; le fourreau entoure complètement le parasite, ce que j'ai pu constater par les dissections et vérifier par des injections. Tous ces stades sont donc morphologiquement endoparasitaires.

Or Giard et Bonnier (1887) ont parfaitement observé de tels stades,

---

(³) *Proc. Zool. Soc. of London.*, 157, 1933, pp. 319-363.

(⁴) *Jap. Journ. of Zool.*, 9, II, 1941, pp. 251-267.

complètement isolés dans le milieu intérieur des hôtes; mais ils les interprètent comme des formes tératologiques devenues accidentellement endoparasites. S'il en était ainsi, toutes les formes non adultes que j'ai observées seraient tératologiques et je n'aurais jamais trouvé de formes jeunes normales; la chose paraît statistiquement impossible, le nombre de cas observés étant de 14 chez *Portunion mænadis* et de 11 chez *Portunion moniezii*; à cet argument statistique s'ajoute un argument morphologique : dans les formes non adultes, j'ai trouvé des stades intermédiaires variés entre les premières formes *asticot* et les femelles adultes. Un même stade se trouve fréquemment représenté par des individus de tailles absolues très différentes (en relation avec la taille des hôtes); l'argument du gigantisme invoqué pour attribuer à certaines formes immatures un caractère tératologique ne semble pas devoir être retenu; les femelles incubantes montrent d'ailleurs entre elles des différences de tailles comparables à celles des formes plus jeunes.

Ces considérations conduisent à envisager les Entonisciens comme de vrais endoparasites; l'établissement d'une communication avec l'extérieur ne s'établit que secondairement, lors de l'incubation. Cette manière de voir est confirmée par l'observation suivante : avant la ponte, l'orifice de communication avec la cavité branchiale de l'hôte est marqué par un petit épaississement chitineux; mais cet orifice est alors obturé, la chitine de la cavité branchiale le recouvrant complètement; à ce stade le calice chitineux qui coiffe le telson du parasite est déjà formé; il se continue par le fourreau qui enveloppe le parasite; mais dans ce dernier, dont je ne puis encore préciser la nature, je n'ai pu mettre en évidence de couche de chitine; à des stades antérieurs je n'ai pu rencontrer le calice chitineux par lequel se fait l'ajutage du fourreau avec la paroi branchiale. L'orifice de communication n'est pas l'orifice d'entrée de la larve infestante, mais un orifice de sortie de formation secondaire. La comparaison de ses dimensions (0,5 à 1^{mm} de diamètre) et de celles des larves cryptonisciennes (largeur 90^{μ}) rendait d'ailleurs à priori le fait peu vraisemblable.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Teneur en potassium du sang total, des globules et du sérum de quelques mammifères sauvages.* Note ([1]) de M. **Achille Urbain** et M[lle] **Marie-Antoinette Pasquier**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Après avoir déterminé ([2]) la teneur en sodium du sang total et du sérum de quelques mammifères sauvages, nous avons poursuivi l'étude des ions minéraux en recherchant la kaliémie du sang de ces mêmes animaux.

L'ion potassium a donné lieu, lui aussi, à de nombreux travaux dans le sang et le sérum de l'Homme et de l'Animal domestique. Schmidt ([3]), le premier, le détermina dans le sang humain, et quelques années plus tard, Bunge ([4]) et Abderhalden ([5]) dosèrent cet élément chez les Animaux domestiques.

Depuis, de nombreuses microméthodes ont été mises au point permettant la recherche précise du potassium dans de faibles quantités de sang. Le potassium du sang de l'Homme normal ou pathologique a été recherché par Kramer et Tisdall ([6]), Mary Wheland ([7]), Leulier et Corajod ([8]), Remond et Cantegril ([9]), J. Lévy et M. Pacu ([10]). Certains de ces auteurs ont aussi déterminé la teneur en potassium du sang du Lapin et du Chien. C'est le sang de ce dernier animal qui paraît avoir donné lieu au plus grand nombre de recherches; Greenwald ([11]), Gross et Hunderhill ([12]). Robinson et Huffman ([13]) donnent la valeur de cet ion chez le Bœuf, tandis que Parhon et Werner ([14]) la précisent pour de nombreux animaux domestiques (Chat, Chien, Porc, Cheval, Bœuf, Cobaye, Lapin, etc.).

([1]) Séance du 7 juillet 1941.
([2]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 360.
([3]) *Charakteristik der epidemischen Cholera*, Leipzig und Mitau, 1851, p. 29.
([4]) *Zeits. Biol.*, 12, 1876, p. 191.
([5]) *Zeits. Physiol. Chem.*, 25, 1898, p. 65.
([6]) *Journ. Biol. Chem.*, 46, 1921, p. 339; 48, 1921, p. 223; 53, 1922, p. 241.
([7]) *Journ. Biol. Chem.*, 63, 1925, p. 590.
([8]) *C. R. Soc. Biol.*, 100, 1929, p. 1208.
([9]) *C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 63 et 391.
([10]) *C. R. Soc. Biol.*, 107, 1931, p. 661, 664, 784, 787.
([11]) *Journ. Biol. Chem.*, 38, 1919, p. 440.
([12]) *Journ. Biol. Chem.*, 54, 1922, p. 108.
([13]) *Journ. Biol. Chem.*, 67, 1926, p. 253.
([14]) *C. R. Soc. Biol.*, 103, 1930, p. 391.

Teneur en potassium du sérum, du sang total, du plasma et des globules.

(Exprimé en grammes par litre.)

	Nombre d'animaux.	Sérum.	Sang total.	Plasma.	Plasma par litre de s. t.	Globules.	Globules par litre de s. t.	Rapport globules/plasma
		I. — ONGULÉS.						
Bovidés								
a. Caprinés.								
Chèvre naine du Sénégal (*Capra hircus* L.).	7	0,281	0,735	0,229	0,148	1,717	0,609	7,49
Mouflon de Corse (*Ovis musimon* PALLAS).	3	0,365	0,540	0,225	0,123	0,850	0,394	3,77
M. à manchettes (*Ammotragus lervia* PAL.).	2	0,354	–	–	–	–	–	–
b. Antilopinés.								
Gazelle de l'Inde (*Antilope cervicapra* PAL.).	4	0,190	0,463	0,157	0,108	1,010	0,336	6,43
Camelidés.								
Lama (*Lama glama* L.)................	5	0,275	0,561	0,239	0,148	1,154	0,424	4,82
Guanaco (*Lama glama huanacus* MOLINA).	4	0,286	0,711	0,264	0,138	1,265	0,588	4,79
Alpaca (*Lama alpaca* L.)...............	4	0,348	0,585	0,265	0,154	1,278	0,537	4,82
Dromadaire (*Camelus dromedarius* L.)...	3	0,270	0,427	0,226	0,145	–	–	–
Cervidés.								
Cerf de France (*Cervus elaphus* L.)......	6	0,303	0,936	0,235	0,146	1,806	0,682	7,68
Cerf pseudaxis (*Cervus pseudaxis* GRAY)...	5	0,346	–	0,215	0,104	–	–	–
Daim (*Dama dama* L.)................	5	0,269	–	–	–	–	–	–
Renne (*Rangifer tarandus* L.)...........	3	0,190	–	–	–	–	–	–
Cerf axis (*Cervus axis* ERXLEBEN).........	2	0,410	–	–	–	–	–	–
Cerf cochon (*Cervus porcinus* ZIM.).......	3	0,330	–	–	–	–	–	–
Éléphantidés.								
Éléphant d'Asie (*Elephas maximus* L.)...	3	0,295	1,022	0,207	0,115	1,910	0,827	9,22
Suidés.								
Sanglier d'Indochine (*Sus cristatus* WAG.).	5	0,301	1,166	0,281	0,120	2,284	1,11	8,12
Phacochère (*Phacochœrus æthiopicus* LATH.)	3	0,335	1,147	0,280	0,144	2,168	1,056	7,74
Équidés.								
Zèbre (*Equus zebra Hartmannæ* LAYARD).	2	0,201	–	–	–	–	–	–
		II. — CARNIVORES.						
Canidés.								
Loup (*Canis lupus* L.).................	6	0,245	0,290	0,229	0,130	0,385	0,180	1,68
Félidés.								
Lion (*Felis leo* L.).....................	4	0,245	0,284	0,242	0,149	0,234	0,090	0,96
		III. — PRIMATES.						
Lasiopygidés.								
Cynocéphale babouin (*Papio papio* DESM.).	5	0,446	–	–	–		–	–
Cercopithèque callitriche (*Cercopithecus callitrichus* I. GEOFF.)...............	3	0,534		–	–	–	–	

Nos dosages ont été effectués par la microméthode de Leulier, Velluz et Griffon ([15]). Nos recherches ont été faites, d'une part sur le sang total et d'autre part sur le plasma ([16]) et les globules; le sérum ([17]) n'a été analysé que lorsqu'il ne présentait aucune trace d'hémolyse.

Les résultats sont indiqués dans le tableau ci-contre.

L'examen de ce tableau permet de formuler les conclusions suivantes :

1° Chez les animaux étudiés, la teneur du sérum en potassium varie de $0^g,190$ à $0^g,354$.

2° Cette valeur est bien supérieure dans le sang total, les chiffres extrêmes étant $0^g,290$ et $1^g,166$.

3° Les globules présentent une teneur élevée en potassium allant jusqu'à $2^g,284$. Nous n'avons jamais obtenu une valeur supérieure à ce chiffre, bien que différents auteurs aient donné des valeurs bien plus grandes pour l'Homme et le Lapin ([18]).

4° Bien que légèrement inférieure, la valeur du potassium du plasma se rapproche de celle trouvée pour le sérum.

5° La valeur du rapport érythroplasmatique présente de grandes variations.

6° Dans les familles envisagées, il paraît y avoir une certaine valeur du potassium des divers éléments du sang qui reste assez constante à l'intérieur de la famille.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La survie d'organites de Stellérides*, in vitro. Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Charles Pérez.

La survie de petits organes d'Invertébrés, séparés de l'organisme auquel ils appartiennent, a été observée assez fréquemment, mais d'une façon occasionnelle. Elle n'a pas fait, sauf exceptions, l'objet d'une attention systématique, ni d'une analyse expérimentale. Nous avons maintenu en vie, aseptiquement, par des procédés voisins de ceux de la culture des tissus, bien que dans le seul plasma homologue liquide, les urnes et les vésicules énigmatiques du Siponcle, respectivement pendant 3 mois

([15]) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **10**, 1928, p. 891 et 1238.

([16]) Le plasma était utilisé dès le prélèvement du sang.

([17]) Le sérum était recueilli dans tous les essais dans les mêmes conditions par centrifugation dès la formation du caillot.

([18]) *C. R. Soc. Biol.*, **117**, 1934, p. 875; *C. R. Soc. Biol.*, **103**, 1930, p. 391.

environ et 6 mois ([1]). M[lle] Odette Tuzet ([2]) a constaté que la trompe isolée de la Bonellie, organe relativement gros, vit en aquarium durant 3 mois et demi, qu'elle continue à capter et à véhiculer des particules alimentaires avant une dégénérescence tardive. Une étude, sans doute féconde, de la survie d'organites bien choisis, chez les Invertébrés, est possible par un procédé très simple, intermédiaire en quelque sorte entre la culture des tissus, d'une part, le développement des ébauches embryonnaires en milieu septique et l'élevage proprement dit, d'autre part. La non stérilité des fragments explantés n'est plus un écueil. Dans des conditions définies d'entretien *in vitro*, au prix d'une sévère et constante propreté, certains organites ayant cicatrisé la coupure qui leur est faite lors du prélèvement, continuent à vivre dans l'eau de mer, comme de petits animaux autonomes; ils peuvent se défendre d'eux-mêmes, pendant quelques mois, contre l'infection.

Nos recherches ont porté principalement sur les Échinodermes. Chaque lot de quelques organites est placé dans 20^{cm^3} d'eau de mer passée sur papier filtre, et conservé en boîte de Pétri, à la température de 20 à 22°C., sous lumière diffuse. Les individus sains sont transportés tous les jours dans un milieu neuf. Nous nous limiterons aux résultats de nos expériences sur les tubes ambulacraires et les pédicellaires de Stellérides.

Les tubes ambulacraires gardent leur forme, leur stucture générale et, en partie, leur contractilité jusqu'au voisinage de la mort. Celle-ci est survenue, chez *Astropecten aurantiacus L.*, après 5 jours; *Echinaster sepositus* Gray, 8 jours; *Marthasterias glacialis* (*L.*), plus de 20 jours. Au vingtième, dans les organites de cette dernière espèce, les pycnoses sont assez nombreuses; les glandes épithéliales existent encore; les cellules à venin, riches en granules acidophiles, sont un peu moins nombreuses que normalement; les cellules à mucus laissent plus ou moins diffuser leur sécrétion.

Chez *Marthasterias glacialis*, les pédicellaires droits, particulièrement les dorsaux et les latéraux, ont une vitalité remarquable. Ils peuvent maintenir pendant plus de 3 mois, jusqu'à l'approche de la mort, leur forme, leur structure, leur irritabilité et leur contractilité. Ils persistent,

---

([1]) J. André Thomas, *C. R. Soc. Biol.*, 110, 1932, p. 451-452 et *Arch. Zool. expéri. et géné.*, 73, 1932, N et R., p. 22-40.

([2]) *Bull. Soc. Zool. de France*, 57, 1932, p. 401-48.

en effet, à ouvrir fréquemment leurs valves et à les refermer d'une manière brusque; s'ils pincent une aiguille, ils s'y accrochent avec vigueur, se laissant par elle tirer hors de l'eau. Après deux mois de survie, nous en avons ramené de Banyuls-sur-Mer à Paris, où ils sont encore restés très actifs dans l'eau de mer conservée (pH 7,90). L'un deux a survécu, en tout, 92 jours. Au soixantième, l'épiderme est assez pycnotique, mais nous y avons aussi rencontré une caryocinèse. Dans les glandes à venin, la sécrétion s'accumule parfois en boules perdant leur éosinophilie; les glandes à mucus sont en partie vidées; la musculature et le squelette calcaire des valves demeurent normaux.

Un pédicellaire, greffé sur un autre, a été amputé près de l'extrémité de sa pièce basale; le moignon a régénéré un petit pédicellaire pourvu de pièces calcaires; le squelette du porte-greffe ne s'est pas modifié. Il y a donc eu métabolisme du calcium. Cet individu double a vécu 43 jours *in vitro*.

La possibilité, chez ces pédicellaires, d'une dépense aussi répétée d'énergie musculaire, surtout par décharges subites, au cours d'une longue survie, alliée, en outre, à une constance approximative, mais prolongée de leur volume, conduit à supposer qu'ils ne doivent pas être réduits à un jeûne total, aboutissant à l'autophagie. L'hypothèse qu'ils s'alimentent, au moins à titre complémentaire, en absorbant par leurs téguments des substances dissoutes dans l'eau de mer, paraît donc s'imposer. Celle-ci, soutenue par plusieurs auteurs, en ce qui concerne des animaux entiers ([3]), semble s'appliquer à des organites en survie. Elle est, en tout cas, rendue fort plausible par le fait du métabolisme du calcium et par la preuve analogique suivante de l'absorption tégumentaire expérimentale. Quelques pédicellaires, en survie depuis 43 jours, sont immergés dans l'eau de mer contenant soit du citrate de fer à 1/2000 (pendant 5 jours), soit du trypanobleu à 1/10000 et à 1/20000 (pendant 2 jours). Ces deux corps sont décelés ensuite, très nettement, sous forme d'enclaves, le premier par voie histochimique, le deuxième directement, dans l'épiderme, puis dans les cellules libres du connectif sous-jacent qui les accumulent et, vraisemblablement, les transportent.

On peut donc se demander si certains organites aquatiques, en survie, qui dégénèrent très lentement et ne se dédifférencient pas (tels les tubes ambulacraires et surtout les pédicellaires de *Marthasterias glacialis*), ne

([3]) Voir un exposé général et, notamment, une discussion de l'hypothèse de A. Pütter dans G. Ranson, *Ann. Inst. Océan.*, 4, 1937, pp. 49-175.

sont pas susceptibles d'être entretenus longtemps et d'évoluer dans un *milieu de survie* non stérile, régulièrement renouvelé et enrichi convenablement, selon leurs besoins, en facteurs alimentaires.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Tréhalose et tréhalase.*
Note (¹) de M. **Marcel Frèrejacque**, présentée par M. Richard Fosse.

Le tréhalose, diholoside formé par l'union de deux molécules de glucopyranose soudées par leur groupe pseudo-réducteur, a été rencontré jusqu'ici chez un grand nombre de Cryptogames : sa présence a été signalée dans quelques Algues, dans une Sélaginelle et surtout dans de nombreux Champignons supérieurs et inférieurs, alors que ce glucide paraît être absent chez les Phanérogames (²).

Corrélativement, la présence d'une diastase scindant le tréhalose en deux molécules de glucose, la *tréhalase*, a été mise en évidence dans un assez grand nombre de Champignons, alors que cette diastase n'a pas été rencontrée chez les Phanérogames (³).

On n'a jamais caractérisé le tréhalose chez les animaux, mais il est bien connu que ce glucide est abondamment contenu dans les coques de Trehala, qui sont les nids d'un Charançon vivant sur un Chardon d'Asie mineure (⁴). Quant à la tréhalase, elle n'a été trouvée, dans la série animale, que dans le sérum de la Carpe (Fischer et Niebel).

Au cours de recherches sur les glucides des Champignons, nous avons maintes fois constaté la présence de tréhalase chez ces Cryptogames; mais nous n'avons jamais pu obtenir de préparation de tréhalase très active, ni à partir du jus de presse de Coprins par exemple, ni à partir de la poudre de Lactaires rapidement desséchés. Cependant la tréhalase est un ferment résistant, puisque des poudres de Lactaires vieilles de cinq ans hydrolysent encore le tréhalose et que des jus de presse de Clitocybe nébuleux sont encore actifs, même après défécation au sous-acétate de plomb.

Pour avoir des préparations plus actives, nous avons pensé à rechercher

---

(¹) Séance du 7 juillet 1941.

(²) Lippmann (*Ber. D. chim. Ges.*, 45, 1912, p. 3431) aurait cependant caractérisé le tréhalose dans un exsudat de *Carex brunescens*.

(³) Il semble que la diastase du malt hydrolyse toutefois le tréhalose.

(⁴) C'est surtout du Tréhala que nous avons retiré le tréhalose utilisé pour nos essais.

la tréhalase chez les animaux prédateurs de Champignons. Nos premiers essais ont porté sur les Cloportes, crustacés qu'on trouve fréquemment dans les champignonnières : nous avons mis en évidence sans difficulté la présence de tréhalase chez *Porcello lævis* Lah. et chez *Oniscus asellus* Lin. Nous avons ensuite recherché et trouvé sans peine cet enzyme, chez les Bousiers, coléoptères qu'on trouve fréquemment sur les Champignons supérieurs.

Mais, en poursuivant nos recherches, nous avons observé que les abeilles renferment également une tréhalase très active, alors que ces Hyménoptères ne fréquentent que les Phanérogames. Élargissant alors nos essais nous avons constaté que tous les insectes paraissent posséder de la tréhalase. Citons par exemple les Bourdons, les Blaps, les Timarcha, les Coccinelles les Courtilières, les Doryphores, les Mouches, les Vers à soie etc.

En traitant séparément les têtes, les thorax et les abdomens des Doryphores et des Courtilières, nous avons observé que la tréhalase paraît répandue dans tout le tube digestif de ces insectes. De même l'enzyme existe aussi bien chez les larves de Doryphores que chez les adultes.

Les Doryphores, matière première malheureusement fort abondante, représentent un matériel commode pour l'obtention d'extrait fermentaire.

30^{g} de Doryphores broyés avec du sable sont épuisés 12 heures à la glacière, en présence de toluène, par 30^{cm^3} d'une solution aqueuse tamponnée à pH 6; après centrifugation et filtration sur coton, le filtrat est précipité par 4^{vol} d'alcool, puis centrifugé; le culot est lavé à l'éther, puis séché; on obtient ainsi $1^{g},2$ d'extrait; $0^{g},1$ de cet extrait provoque en 5 heures l'hydrolyse totale de 15^{cm^3} d'une solution à 1 % de tréhalose, à la température de 39°, alors que les expériences témoins faites en présence d'extrait préalablement porté à 100° laissent le tréhalose inaltéré.

Les extraits obtenus hydrolysent aussi, mais lentement, le saccharose et le maltose; ils ne scindent que difficilement le salicoside; ils n'hydrolysent pas l'α-méthylglucoside.

A 39°, le pH optimum de nos extraits est d'environ 5,8. Pour cette acidité, leur activité est maxima vers 52-53°, alors que cette activité devient quasi nulle à 63-64°.

L'activité des extraits de tréhalase est plus grande lorsqu'on les fait agir en milieux tamponnés par des phosphates que lorsque ces milieux sont tamponnés par des phtalates (tampons de Clark et Lubs), ce qui semblerait indiquer l'intervention possible d'une phosphorylation du tréhalase.

En résumé, on voit que les Insectes, véritable mine d'enzymes, renferment une diastase susceptible d'hydrolyser le sucre spécifique des Cryptogames, alors même qu'ils ne sont pas prédateurs de Cryptogames.

Nous poursuivons nos recherches sur la tréhalase.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Inhibition par le succinate d'éthyle de l'action aggravante de l'huile d'olive sur la tuberculose du Cobaye.* Note (¹) de MM. **Albert Berthelot, Léopold Nègre** et **Jean Bretey**, transmise par M. Émile Roubaud.

Dès le début des recherches entreprises en commun pour essayer de déterminer les raisons de l'action activante des injections sous-cutanées d'huile d'olive sur la tuberculose du Cobaye et du Lapin, action mise en évidence par l'un de nous (¹), nous avons envisagé, entre autres causes possibles, l'influence favorisante de l'acido-cétose.

A. Szent-Györgyi et A. Koranyi ont montré que, chez les sujets diabétiques présentant de l'acido-cétose, l'administration d'acide succinique *per os* détermine en quelques jours la disparition des corps cétoniques de l'urine ainsi que le relèvement de la réserve alcaline, et cela sans traitement insulinique (²). Aussi avons-nous pensé que, si ce même acide se montrait capable d'empêcher l'action favorisante des injections d'huile d'olive sur la tuberculose du Cobaye, on aurait ainsi une preuve indirecte du rôle de l'acido-cétose dans cette action.

Pour essayer de vérifier cette hypothèse, nous avons substitué la voie hypodermique à la voie digestive. Mais, comme nous devions naturellement éviter d'introduire des ions Na ou K dans l'organisme des Cobayes traités par l'huile d'olive, nous avons adopté le succinate neutre d'éthyle, que nous avons injecté en nature, à la dose de $0^{cm^3},5$ par Cobaye d'environ 250^g. Nos expériences ont été conduites de la façon suivante :

Des Cobayes infectés par voie sous-cutanée avec $1/1000^e$ de milligramme de bacilles tuberculeux bovins ou par instillation conjonctivale de $1/10^e$ de milligramme de bacilles tuberculeux humains, ont été, dans chaque expé-

---

(¹) Séance du 7 juillet 1941.

(¹) L. Nègre, *Ann. Inst. Pasteur*, 49, 1932, p. 319.

(²) Albert Szent-Györgyi, *Studies on biological oxidation and some of its catalysts*, Budapest; *Bull. Soc. Chimie biologique*, 20, 1938, p. 846; A. Koranyi et A. Szent-Györgyi, *Deutsche Med. Woch.*, 63, 1937, p. 1029.

rience, divisés en quatre groupes. Le premier, qui représentait les Cobayes témoins, ne subissait aucun traitement. Les animaux des trois autres lots recevaient deux fois par semaine en injection sous-cutanée, les uns un mélange de $0^{cm^3},5$ de succinate d'éthyle et de 1^{cm^3} d'huile d'olive, les autres $0^{cm^3},5$ de succinate d'éthyle et les derniers 1^{cm^3} d'huile d'olive. Les injections de succinate d'éthyle ont été bien supportées.

Ces expériences, effectuées sur 107 Cobayes, au cours de quatre essais différents, nous ont montré que les injections répétées d'huile d'olive ont régulièrement activé le processus turberculeux, avec production sur la rate d'un nombre plus élevé de lésions que chez les animaux non traités et généralisation plus rapide aux autres organes.

Le succinate d'éthyle, injecté seul, a présenté aussi une certaine influence aggravante sur l'évolution des lésions, quoique moins prononcée que celle de l'huile.

Chez les Cobayes traités par le mélange de succinate d'éthyle et d'huile, nous avons en général observé non seulement l'absence de toute activation, mais même, chez quelques animaux, une certaine diminution des lésions par rapport aux témoins.

Il semble donc que l'huile d'olive et le succinate d'éthyle qui, injectés à part, activent le processus tuberculeux, acquièrent chez la plupart des animaux, la propriété de le ralentir lorsque ces deux produits sont introduits en mélange dans l'organisme du Cobaye tuberculeux.

Les résultats que nous venons d'exposer semblent donc bien confirmer le bien-fondé de notre hypothèse relative au rôle que doit jouer l'acidose dans l'influence activante des injections d'huile d'olive sur l'évolution de la tuberculose du Cobaye. Ils nous engagent à continuer la recherche des preuves directes de la réalité de cette acidose et nous permettent de prévoir d'autres applications du succinate d'éthyle.

La séance est levée à $15^{h}50^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 juin 1941.)

Note de M. *Dimitri Riabouchinsky*, Sur les définitions analytiques du continu :

Page 1112, ligne 7, enlever la virgule après $(a'_n - 1)$; ligne 13, première colonne, *au lieu de* 0, *lire* 1; ligne 12 en remontant, *au lieu de* $10(325 - 32 - 1) + 0 + 1 = 3921$, *lire* $10^3 + 10(325 - 32 - 1) + 0 + 1 = 3921$.

Note de M[lle] *Yvette Cauchois*, Spectre L et niveaux caractéristiques du bismuth :

Page 1137, tableau I, colonne λu. x., pour $L_{III}M_{I}l$, *au lieu de* 1131,45, *lire* 1313,45.
Page 1138, tableau III, pour O_{III}, *au lieu de* $6{,}5_4$, *lire* $7{,}5_4$.

Note de MM. *Henri Lefebvre* et *Constantin Georgiadis*, Nouvelles formules donnant le pouvoir calorifique de la houille et du coke :

Page 1154, ligne 6, *au lieu de* $100 \times 100/(100 - c$ gr. de sec)], *lire* $100 \times 100/(100 - c)$ gr. de sec]; ligne 7, *au lieu de* est donné par la formule empirique ainsi que, *lire* est donné par la formule empirique :



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 21 JUILLET 1941.

PRÉSIDENCE DE M. Hyacinthe VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des prix aura lieu le lundi 22 décembre 1941.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur une généralisation du pendule cycloïdal d'Huygens.* Note de M. **Jean Chazy**.

1. On sait que le mouvement vibratoire rectiligne d'un point matériel se compose d'oscillations, dont les extrémités ont pour milieu le centre d'attraction, et qui sont isochrones, c'est-à-dire ont une durée indépendante de leur amplitude. Et l'on déduit de cette première propriété une seconde propriété d'isochronisme. Si un point matériel pesant se meut sans frottement sur une cycloïde située dans un plan vertical, de base horizontale et concave vers le haut, les oscillations de ce point matériel de part et d'autre du sommet ont, de même, une durée indépendante de leur amplitude : le point matériel considéré est le pendule cycloïdal d'Huygens.

J'ai indiqué (1) d'autres mouvements rectilignes d'un point matériel, où la force est fonction seulement de la position comme dans le mouvement vibratoire, mais n'est pas proportionnelle à la distance à un point fixe, et où les oscillations sont isochrones, et ont lieu sur des segments dont le milieu varie avec l'amplitude. On obtient ces mouvements par la méthode suivante.

---

(1) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 621.

A partir des équations différentielles classiques du mouvement rectiligne

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=\mathrm{X}(x),\qquad \frac{m}{2}\left(\frac{dx}{dt}\right)^2=\int \mathrm{X}(x)\,dx+h,$$

identifions l'équation des forces vives à l'équation

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2=\alpha^2-u^2,$$

où u désigne une nouvelle variable de position, et α une constante positive arbitraire équivalant à la constante des forces vives h, et déterminant l'amplitude des oscillations. Et prenons comme fonction inconnue la dérivée

$$\frac{dx}{du}=f(u),$$

de sorte que la période des oscillations est donnée par l'intégrale

$$\mathrm{T}=2\int_{-\alpha}^{\alpha}\frac{f(u)\,du}{\sqrt{\alpha^2-u^2}}.$$

Une fois u exprimé en x, la valeur algébrique $\mathrm{X}(x)$ est égale à

$$\mathrm{X}(x)=-mu\frac{du}{dx}.$$

Si la fonction $f(u)$ se réduit à une constante, la période T est indépendante du paramètre α : le mouvement se réduit au mouvement vibratoire. Mais *la période* T *est encore indépendante du paramètre* α, *si la fonction* $f(u)$ *est la somme d'une constante et d'une fonction impaire quelconque de* u. A chaque fonction impaire, dans des hypothèses générales de continuité, correspondent une loi de force $\mathrm{X}(x)$, et un mouvement dépendant du paramètre α, et composé d'oscillations dont la durée ne dépend pas de ce paramètre.

2. Dans la méthode précédente, soit pour représenter la loi de force $\mathrm{X}(x)$, soit pour représenter la loi du mouvement $x(t)$, on peut appliquer les développements connus de la solution de l'équation de Lagrange

$$z=u+\alpha f(z),$$

selon les notations classiques, et des fonctions de cette solution.

En effet, si l'on part de l'équation

$$x=u-\mathrm{P}(u),$$

où $P(u)$ désigne une fonction paire de la variable u s'annulant avec u, on déduit

$$\frac{dx}{du} = 1 - P'(u),$$

et

$$u\frac{du}{dx} = \frac{u}{1 - P'(u)} = x + \frac{1}{1}\frac{d}{dx}[x\,P(x)] + \ldots + \frac{1}{1.2\ldots n}\frac{d^n}{dx^n}\{x[P(x)]^n\} + \ldots;$$

et, bien entendu, pour chaque fonction $P(u)$, il y aura à déterminer, de part et d'autre du point $x = 0$, l'intervalle de convergence du développement obtenu.

D'autre part le temps t, compté à partir d'un instant où u est égal à α, est donné par la quadrature

$$t = \int_\alpha^u \frac{1 - P'(u)}{\mp\sqrt{\alpha^2 - u^2}}du,$$

qui devient, par le changement de variable $u = \alpha\cos\varphi$,

$$t = \int_0^\varphi [1 - P'(\alpha\cos\varphi)]\,d\varphi = \varphi - \int_0^\varphi P'(\alpha\cos\varphi)\,d\varphi.$$

Donc, φ désignant la solution de l'équation

$$\varphi = t + \int_0^\varphi P'(\alpha\cos\varphi)\,d\varphi,$$

on obtient la loi du mouvement en substituant cette solution dans l'expression

$$x = \alpha\cos\varphi - P(\alpha\cos\varphi).$$

En particulier, considérons la fonction

$$P(u) = \frac{u^2}{2}, \qquad \text{d'où} \qquad P'(u) = u, \qquad f(u) = 1 - u;$$

u est défini en x par l'équation algébrique du second degré

$$x = u - \frac{u^2}{2}, \qquad \text{soit} \qquad u = 1 - \sqrt{1 - 2x} \qquad \text{et} \qquad X(x) = m\left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 - 2x}}\right).$$

Dans ce cas le développement de la valeur algébrique $X(x)$ est un développement en série entière en x, qui se réduit au développement en série du binome, et a pour rayon de convergence $1/2$: la loi de force est définie

seulement pour $x < 1/2$. L'équation entre le temps et la variable φ devient

$$\varphi = t + \alpha \sin \varphi,$$

c'est-à-dire se réduit à l'équation de Képler de la Mécanique céleste : la période des oscillations, quel que soit le paramètre α, est égale à 2π. Et l'on déduit les développements en séries entières en α, qui ont le rayon de convergence classique $0,66274\ldots$,

$$\varphi = t + \alpha \sin t + \ldots + \frac{\alpha^n}{1.2.3\ldots n} \frac{d^{n-1}}{dt^{n-1}} (\sin^n t) + \ldots,$$

$$x = \alpha \cos \varphi - \frac{\alpha^2 \cos^2 \varphi}{2}$$

$$= \alpha \cos t - \alpha^2 \left(\sin^2 t + \frac{\cos^2 t}{2} \right) - \frac{\alpha^3}{1.2.3} \frac{d}{dt} (\sin^3 t) \ldots - \frac{\alpha^n}{1.2\ldots n} \frac{d^{n-2}}{dt^{n-2}} (\sin^n t) \ldots.$$

Ce dernier développement se transforme facilement en le développement en série de Fourier représentant la loi du mouvement $x(t)$.

3. A une fonction $f(u)$, somme d'une constante et d'une fonction impaire quelconque, on peut faire correspondre aussi un mouvement d'un point matériel pesant sur une courbe C, située dans un plan vertical, qui se compose de même d'oscillations isochrones.

En effet, rapportons la courbe C à deux axes, Oy horizontal, Oz vertical ascendant, et désignons par s l'arc de cette courbe : le mouvement sans frottement d'un point matériel sous l'action de la pesanteur g sur la courbe C est déterminé par l'équation des forces vives

$$\left(\frac{ds}{dt} \right)^2 = -2gz + \text{const.}$$

Identifions l'arc s et la quantité $2gz$ à l'abscisse x et au carré u^2 du mouvement rectiligne qui précède : la courbe C sera définie par les équations

$$z = \frac{u^2}{2g}, \qquad dz = \frac{u\,du}{g} \qquad \text{et} \qquad dy^2 = ds^2 - dz^2 = \left[[f(u)]^2 - \frac{u^2}{g^2} \right] du^2,$$

c'est-à-dire, $f(u)$ étant donné, par une quadrature.

Appliquons la méthode à la fonction $f(u) = 1 - u$ considérée plus haut, ou, a désignant une constante positive, à la fonction équivalente

$$f(u) = 1 - \frac{u}{a}, \qquad \text{d'où} \qquad s = u - \frac{u^2}{2a}, \qquad u = a - \sqrt{a^2 - 2as}.$$

La courbe C est définie par les expressions

$$(1) \qquad y = \int \pm \sqrt{\left(1 - \frac{u}{a}\right)^2 - \frac{u^2}{g^2}}\, du + \text{const.}, \qquad z = \frac{u^2}{2g}.$$

Faisons d'abord tendre la constante a vers l'infini : la variable u a pour partie principale s, et l'expression de la cote z en fonction de l'arc s se réduit à la limite à $z=s^2/2g$, c'est-à-dire à la relation connue dans une cycloïde entre l'ordonnée et l'arc comptés à partir du sommet. Nous obtenons donc à la limite le pendule cycloïdal.

Un autre cas simple est celui où, dans la quadrature qui définit la fonction $y(u)$, le polynome du second degré figurant sous le radical, soit $P(u)$, s'abaisse au premier degré. Faisons $g=a$ et $\sqrt{1-(2u/a)}=\lambda$: nous déduisons les formules

$$y=\frac{a}{3}(\lambda^2-1),\qquad z=\frac{a}{8}(\lambda^2-1)^2.$$

Quand le paramètre λ varie de zéro à $\sqrt{2}$, nous obtenons un arc, soit AOB, d'une courbe algébrique du quatrième degré, présentant pour $\lambda=1$ un point O à tangente horizontale, limité à l'horizontale AB, de cote $z=a/8$, et concave vers le haut de A en B; *cet arc n'a pas d'axe de symétrie.* Le point A, $\lambda=0$, $y=-a/3$, $z=a/8$, est un point de rebroussement à tangente verticale de la courbe du quatrième degré complète. Le rayon de courbure de l'arc AOB croît constamment de la valeur zéro en A à la valeur a en O et à la valeur $(9a\sqrt{2})/4$ en B. Sur cet arc les oscillations d'un point matériel pesant de part et d'autre du point le plus bas O ont même durée, soit avec des unités quelconques $2\pi\sqrt{a/g}$, depuis les oscillations infiniment petites au voisinage du point O jusqu'aux oscillations limitées aux points A et B.

Si a est différent de g, le polynome du second degré $P(u)$ a deux racines réelles et distinctes, et d'ailleurs est positif pour $u=0$, négatif pour $u=a$. Selon que a est inférieur ou supérieur à g, deux cas se présentent.

Pour $a<g$, u peut varier dans les formules (1) de la plus petite des deux racines de $P(u)$, qui est positive, à la valeur $u=-\infty$: l'arc de courbe correspondant aboutit d'une part à un point A à tangente verticale et d'autre part à une branche infinie; cet arc est concave vers le haut, et le rayon de courbure y croît de zéro en A à l'infini. L'arc utile est compris entre le point bas $u=0$ et l'horizontale du point A, donc a même allure, ainsi que sa développée, que pour $a=g$, et notamment ne présente pas d'axe de symétrie.

Pour $a<g$, u peut varier dans les formules (1) de l'une à l'autre des racines du polynome $P(u)$ en passant de même par zéro : l'arc de courbe correspondant aboutit de part et d'autre du point bas $u=0$ à deux points

A_1 et A_2 à tangente verticale; cet arc est concave vers le haut, et le rayon de courbure est nul en A_1 et A_2, et présente un maximum dans l'intervalle. L'arc utile est compris entre le point bas $u = 0$ et l'horizontale du plus bas des deux points A_1, A_2, donc a même allure encore que pour $a = g$; la développée de cet arc peut avoir même allure que pour $a = g$, ou au contraire présenter un point de rebroussement, comme dans le cas du pendule cycloïdal.

En définitive *nous obtenons une infinité de généralisations du pendule cycloïdal correspondant à des courbes verticales C concaves vers le haut, présentant un point bas où la normale n'est pas un axe de symétrie, et dont l'une est une courbe algébrique très simple.*

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des carbures saturés aliphatiques.* Note [1] de M. **Henri Deslandres**.

La Note actuelle est la suite de neuf Notes qui, depuis novembre 1938, ont appliqué à des molécules intéressantes l'analyse nouvelle des fréquences moléculaires [2] et auxquelles je prie le lecteur de se reporter pour éviter les redites. Ces Notes se rapportent à des molécules isolées; or je commence aujourd'hui l'étude des séries homologues de la chimie organique, et je présente l'analyse de trois carbures saturés aliphatiques à chaîne linéaire qui offrent un intérêt particulier.

L'analyse est appuyée sur une formule déduite de l'observation seule, simple et générale [3], qui révèle les arrangements d'atomes et groupes d'atomes attachés à chaque fréquence, les nombres s' d'électrons activés par anneaux et sous-anneaux dans l'arrangement, et, en plus l'ionisation intérieure et les polymères.

Chaque atome ou groupe d'atomes a ses vibrations propres, mais les atomes ou groupes d'atomes qui sont réunis dans une molécule sont

---

[1] Séance du 6 juillet 1941.

[2] *Comptes rendus*, 207, 1938, pp. 753 et 1341; 209, 1939, pp. 612 et 865; 210, 1940, p. 277; 211, 1940, pp. 241 et 581; 212, 1941, pp. 28 et 832.

[3] Cette formule, dite *formule* (1), est la suivante : la fréquence $\nu = q\, d_1/s' \times r'$, s' étant le nombre des électrons activés, d_1 la constante universelle 1062,5, q et r' des nombres entiers. Les électrons sont activés par anneaux et sous-anneaux, et la fréquence d_1/s' est aisément divisible en parties égales, d'où le nombre entier r'.

Tableau XXVI. — *Analyse des fréquences infrarouges des hydrocarbures saturés n.*$C^{12}H^{26}$, CH^4 et C^2H^6.

Nota. — Les s' électrons activés dans les atomes et groupes d'atomes sont activés par anneaux (a.) ou par sous-anneaux et anneaux (a'.).

Dodécane $n.C^{12}H^{26}$ (38 atomes, 98 électrons, F — 12°, Éb 216°).

Fréquences en cm^{-1} et intensités entre ( ).	Arrangement C^6H^{13}—C^6H^{13} et C^{12-}1a'.—H^{26+}.	Arrangements de $C^{12}H^{26-n}$—H^n.			Arrangements de CH^3—CH^2.					Fréq.
	s'25, 37 et 49	s'49, 48 et 45	s'73 et 72	s'97 et 96	$s'4\times5$ ou 20	$s'5\times6$ ou 30	$s'6\times7$ ou 42	$s'7\times8$ ou 56	$s'8\times9$ ou 72	
ν 203 (2 l) =			14 d_1/73−0,8		19 d_1/100+1,1		8 d_1/42+0,6			ν 203
234 (2 l) =	11 d_1/ 50+0,2		16 d_1/73+1,1							234
391 (0) =		8 d_1/49−0,7				11 d_1/30+1,4	31 d_1/84−1,1			391
401 (0) =	14 d_1/ 37−1,0	17 d_1/45−0,4				34 d_1/90−0,4				401
728 (0) =			50 d_1/73+0,3							728
776 (0,5) =	73 d_1/100+0,4	35 d_1/48−1,3			73 d_1/100+0,4					776
808 (0) =				73 d_1/96+0,1			32 d_1/42−1,5			808
840 (3) =	79 d_1/100+0,6	38 d_1/48−1,1	57 d_1/72−1,1	76 d_1/96−1,1	79 d_1/100+0,6				57 d_1/ 72−1,4	840
869 (1) =			59 d_1/72−1,7			49 d_1/60+1,3				869
892 (4) =	21 d_1/ 25+0,5				84 d_1/100−0,5			47 d_1/ 56+0,3		892
927 (0) =					35 d_1/ 40−2,7					927
956 (1) =	45 d_1/ 50−0,2	44 d_1/49+1,9			18 d_1/ 20−0,2	27 d_1/30−0,2				956
1030 (2) =	97 d_1/100−0,6			94 d_1/97−0,4	97 d_1/100−0,6	....	....	....	....	1030
1074 (5 d) =	101 d_1/100+0,9			97 d_1/96+0,4	101 d_1/100+0,9	91 d_1/90−0,3	85 d_1/84−1,1			1074
1132 (3) =	80 d_1/ 75−0,7	48 d_1/45−1,3				32 d_1/30−1,2				1132
1301 (7 l) =	60 d_1/ 49+0,0	60 d_1/49+0,0			49 d_1/ 40−0,6					1301
1375 (0) =	97 d_1/ 75+0,8	62 d_1/48+0,6	93 d_1/72−0,4					145 d_1/112−0,5		1375
1445 (10 ll) =	34 d_1/ 25+0,4			132 d_1/97+0,9	136 d_1/100+0,0		57 d_1/42+3,0?		98 d_1/ 72−1,2	1445
2723 (2 l) =		123 d_1/48−0,3	187 d_1/73+1,2	246 d_1/96+0,3	205 d_1/ 80+0,7			287 d_1/112+0,3		2723
2850 (15 l) =	67 d_1/ 25+2,5		193 d_1/72−1,9?			161 d_1/60−1,0				2850
2871 (13) =	100 d_1/ 37−0,6			262 d_1/97+1,2			227 d_1/84−0,3			2871
2898 (15) =		127 d_1/45−0,6	199 d_1/73+1,6				229 d_1/84+1,4			2898
2929 (11) =	102 d_1/ 37+0,0	135 d_1/49+1,7				248 d_1/90−1,2			397 d_1/144−0,3	2929
2959 (6 l) =	207 d_1/ 75+0,0					167 d_1/60+1,7	117 d_1/42−0,8	156 d_1/ 56−0,4	401 d_1/144+0,2	2959

Méthane CH^4 (5 atomes, 10 électrons, F — 184°, Éb — 164°).

2914,5 (10) = 74 $d_1/3\times9$ +2,5 3 de C^- 1a'. — H^{4+}
et 9 de CH^3 2a. — 1 de H

85 d_1/31 +1,2 31 de C^4H^{15} 1a. — 1 de H

96 $d_1/5\times7$ +0,2 5 de CH^3 1a'. — 1 de H
et 7 de CH^3 1a. — 1 de H

Éthane C^2H^6 (8 atomes, 18 électrons, F — 174°, Éb — 88°)

ν 2900 (9) = 71 d_1/26 −1,4 13 de C^2H^5 1a. — 1 de H

131 $d_1/6\times8$ +0,3 6 de C^2H^2 1a'. — 4 de H^4
et 8 de C^2H^4 1a'. — 2 de H^2

191 $d_1/2\times5\times7$ +0,9 5 de C^{2-} 1a'. — 5 de H^{6+}
et 7 de CH^3 1a. — 7 de CH^3 — 1a.

astreints à la condition suivante : les fréquences émises par toutes les parties de la molécule doivent être les mêmes ou avoir des différences très faibles. Cette condition, qui est nécessaire, est à retenir, car elle peut être la base d'une étude générale des molécules.

La formule générale des hydrocarbures étudiés est $C^n H^{2n+2}$, le nombre n ayant pris jusqu'ici toutes les valeurs de 1 à 70; mais le spectre Raman a été mesuré seulement pour les nombres de 1 à 12, et principalement par Kohlrausch et Köppl en 1934. Le tableau XXVI ci-dessus présente l'analyse du spectre entier du dodécane $n.C^{12} H^{26}$, et, pour la comparaison, l'analyse partielle des deux hydrocarbures les plus simples de la série, CH^4 et $C^2 H^6$.

Le dodécane avec ses 24 fréquences offre les trois arrangements principaux d'atomes qui, dans les molécules, assurent l'émission d'une fréquence. Il offre l'arrangement A^2 (A étant un atome ou groupe d'atomes), car il est divisible en deux parties identiques $C^6 H^{13}—H^{13} C^6$. Les nombres s' d'électrons activables (par sous-anneaux et anneaux) sont, pour chaque partie, 25, 37 et 49 et la 2ᵉ colonne du tableau montre que ces mêmes nombres et leurs multiples se retrouvent dans l'analyse de plusieurs fréquences. Cet arrangement est possible seulement avec les hydrocarbures ayant un nombre pair d'atomes de carbone, mais un autre arrangement, ayant les mêmes propriétés, $C^{12-}1a'. — H^{26+}$, est commun à toutes les molécules de la série; le 1ᵉʳ sous-anneau de C^{12} a 24 électrons et, avec l'ionisation intérieure, 25 électrons ($2n+1$ électrons dans le cas général). On retrouve le nombre $s'25$ du cas précédent, nombre auquel est attachée la moitié des fréquences [1].

Le dodécane, riche en atomes d'hydrogène, présente aussi les arrangements du type ClH ou du type plus général $M\text{-}pH — H^p$, dans lequel un ou plusieurs atomes de H sont déplacés et opposés aux autres atomes de la molécule. Les colonnes 3, 4 et 5 du tableau offrent plusieurs exemples de ces arrangements qui peuvent être nombreux avec les trois divisions naturelles formées par les premiers sous-anneaux, les premiers anneaux et les deux anneaux d'électrons du carbone, et aussi avec le nombre variable des atomes de H déplacés. On a retenu seulement les arrangements pour lesquels le nombre entier p est un sous-multiple des nombres s' d'électrons

(1) Ces arrangements, attachés à l'émission d'une fréquence, ne sont en général que momentanés, étant formés le plus souvent par les chocs très divers que subit la molécule.

activables de M-pH ([5]); d'où les nombres s' 49, 48 et 45 1 a'. de la 3e colonne, opposés à 1, 2 et 5 atomes de H déplacés; d'où les nombres s' 73 et 72 1 a., 97 et 96 2 a. avec 1 et 2 atomes H déplacés. Car alors la résonance intervient pour assurer facilement l'égalité des fréquences émises par les deux parties.

Les hydrocarbures $n.C^nH^{2n+2}$ offrent un troisième arrangement, signalé jusqu'ici moins souvent que les deux précédents, mais très fréquent dans les molécules organiques. Ils sont formés d'une chaîne linéaire de groupes CH^2, terminée à chaque extrémité par un groupe CH^3, et, d'après la loi générale imposée aux molécules, ces deux groupes CH^2 et CH^3 doivent émettre les mêmes fréquences, alors que les nombres s'_1 d'électrons activables de CH^2(4, 6 et 8) et les nombres correspondants s'_2 de CH^3 (5, 7 et 9), sont premiers entre eux. La résonance intervient encore pour réaliser la condition d'égalité; le nombre s'_1 de CH^2 a pour nombre r' le nombre s'_2 de CH^3 et inversement, ou, autrement dit, les deux fréquences d_1/s'_1 et d_1/s'_2 sont remplacées par une seule $d_1/s'_1 \times s'_2$. Cette formule nouvelle de la fréquence a été déjà indiquée dans plusieurs Notes de 1934 et 1935 et signalée dans plusieurs analyses de molécules ([6]).

On est ainsi conduit à rechercher les fréquences du dodécane, qui sont en accord avec les multiples et sous-multiples de $d_1/4 \times 5$, $d_1/5 \times 6$, $d_1/6 \times 7$, $d_1/7 \times 8$, $d_1/8 \times 9$, qui peuvent être émis par les deux groupes CH^2 et CH^3 réunis. Les cinq dernières colonnes du tableau présentent le résultat. Toutes les fréquences de la molécule peuvent être émises par l'arrangement $CH^2 — CH^3$, qui, de plus, est commun à tous les termes de la série homologue. On explique aisément les fréquences communes à tous ces termes ou très voisines et signalées déjà par Coblentz en 1905 dans les spectres d'absorption. De plus, ces mêmes fréquences se retrouvent peu ou point modifiées dans de nombreuses molécules dérivées par substitution de l'hydrocarbure normal. L'explication est simple : les atomes et radicaux substitués N, CH, F, Cl, Br, NH, O, NH^2, OH et F ont en totalité ou en partie les mêmes nombres s' d'électrons activables que les radicaux CH^3

([5]) Cette condition n'est pas absolument nécessaire.

([6]) *Comptes rendus*, 199, 1934, pp. 392 et 1544; 200, 1935, pp. 603 et 1997, et aussi 205, 1937, p. 1337; 206, 1938, pp. 1153, 1424 et 1844. J'ai annoncé en 1937 et 1938 que les fréquences dites de rotation dans une molécule diatomique sont liées à une formule du type $d_1/s'_1 \times s'_2$, et j'ai admis que, dans une molécule plus complexe, les facteurs soient plus nombreux, au dénominateur de la formule.

et CH^2. D'autre part, en France, Jean Lecomte, dans une importante étude des spectres d'absorption, a annoncé de petites différences entre les fréquences des hydrocarbures successifs, considérées d'abord comme égales. Il semble possible d'expliquer toutes ces particularités; mais avant de les étudier en détails, il convient d'attendre que les spectres Raman de ces molécules soient relevés avec une dispersion et une précision plus grandes (7).

Enfin le tableau complète l'analyse, commencée en 1934, des deux premiers termes de la série. Les deux offrent, comme le dodécane, les fréquences des arrangements $C^{n-1}a'. — H^{2n+2+}$ et C^nH^{2n+1} — H, mais pour les nombres n 1 et 2. Le troisième arrangement du dodécane, l'arrangement $CH^2 — CH^3$, n'est pas à considérer, le radical CH^2 n'intervenant pas dans les deux premiers termes de la série; on a noté seulement que les deux fréquences sont, pour des raisons spéciales, des multiples de fréquences élémentaires du type $d_1/s'_1 \times s'_2$. La fréquence de CH^4 est en accord avec le polymère n° 4, qui peut être le polymère de la maille cristalline.

Une Note ultérieure exposera l'analyse d'isomères comparés aux termes normaux de la série C^nH^{2n+2}.

ENTOMOLOGIE BIOLOGIQUE. — *Gîtes larvaires observés dans l'agglomération parisienne de deux moustiques arboricoles.* Note de MM. **Émile Roubaud** et **Jacques Colas-Belcour.**

L'*Aedes geniculatus* Oliv. et l'*Aedes* (*Ochlerotatus*) *pulchritarsis* Rond. sont deux moustiques doués d'une répartition en Europe étendue. Ils sont bien connus comme se développant dans l'eau des trous d'arbres, et fréquemment en association l'un avec l'autre, ou avec d'autres espèces comme l'*Anopheles plumbeus* Hal. Ils sont, tous deux, très étroitement apparentés aux Stégomyies et particulièrement au moustique de la fièvre jaune, *Aedes ægypti*. Nous avons établi, tout au moins pour le premier d'entre eux, que ces affinités morphologiques et évolutives avec le *Stegomyia* sont dange-

(7) Plusieurs fréquences du dodécane sont notées doubles (d), larges (l), très larges (ll).

Les fréquences du tableau sont tirées des mémoires suivants : $C^{12}H^{26}$, Kohlrausch et Köppl, *Z. Physik. Chem.*, B, 26, 1934, p. 209; CH^4, Dickinson, Dillon et Rasetti, *Phys. Rev.*, 34, 1929, p. 582 ; C^2H^6, Bagavantam, *Proc. Indian Akad.*, 2, 1935, p. 86.

reusement complétées par des aptitudes infectieuses étroitement similaires, dans des conditions épidémiologiques favorisantes. L'*A. geniculatus* est en effet aussi réceptif que l'*Aedes ægypti* à l'égard des agents d'infections humaines et animales diverses ([1]).

Si, pour le présent, rien n'est connu des aptitudes pathogènes possibles de l'*A. pulchritarsis*, espèce généralement plus rare que la précédente, le fait qu'il s'agit d'un moustique susceptible d'être rencontré dans les collectivités urbaines et piquant l'Homme jusque dans les habitations, autorise, en raison d'autre part de ses affinités systématiques, à le considérer aussi comme un Culicide que l'hygiène publique ne doit pas méconnaître dans les régions où il peut se développer. Les deux Aëdinés se rencontrent jusque dans les grandes villes; E. Roman ([2]) les a fait connaître récemment à Lyon et sa banlieue, et J. Legendre ([3]) a signalé l'un deux, *A. geniculatus*, dans les jardins et parcs d'« une ville maritime du centre Ouest » de la France, où il se trouvait associé à l'*Aedes punctatus* Meig. Dans la région parisienne, *A. pulchritarsis* et *A. geniculatus* ont été plusieurs fois constatés, *à l'état ailé*, tantôt à Paris même, tantôt dans la banlieue immédiate. L. Berland et E. Séguy ([4]) ont capturé à différentes reprises une variété de l'*A. pulchritarsis* (*Aed. berlandi*) dans certains locaux du Muséum d'Histoire Naturelle, tandis que P. Lesne l'a rencontrée dans un appartement à Asnières. *A. geniculatus*, d'autre part, a été maintes fois signalé dans les forêts des environs de Paris et nous avons personnellement relevé sa présence à Maisons-Alfort et à Neuilly.

Si les adultes des deux moustiques peuvent être assez aisément décelés, il n'en est pas de même des lieux où ils se développent, et le caractère essentiellement discret de leurs gîtes larvaires arboricoles fait que, jusqu'à présent, ces derniers n'ont pas été directement constatés et étudiés dans la collectivité parisienne.

Il nous a été possible de combler cette lacune, en observant récemment l'association d'œufs des deux espèces dans une même cavité d'arbre. Dans un jardin proche de Paris, à Neuilly-sur-Seine, un Marronnier d'Inde paraissant parfaitement sain avait été abattu en novembre dernier par les

---

([1]) E. Roubaud, J. Colas-Belcour et G. J. Stefanopoulo, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 182. E. Roubaud et J. Colas-Belcour, *Bull. Soc. Path. Exot.*, 30, 1937, p. 480; E. Roubaud, J. Colas-Belcour et M. Mathis, *Ibid.*, 32, 1939, p. 28.

([2]) *Le Journal de Médecine de Lyon*, 20, 5 mars 1939, p. 153.

([3]) J. Legendre, *Bull. Acad. Médecine*, 109, 1933, p. 605.

([4]) *Bull. Soc. Ent. de France*, 26, 1921, p. 192.

propriétaires. On constata, à l'examen de l'arbre, que de la section de cinq branches principales qui avaient été élaguées les années précédentes, partaient de longues galeries internes tubulaires, s'étendant verticalement à l'intérieur du tronc lui-même, sur un longueur de près de 1^{m}. Ces galeries, provenant de la décomposition des tissus ligneux centraux, étaient remplies en profondeur par une masse pâteuse, humide, constituée par les produits de la décomposition du bois.

Une certaine quantité de ce dépôt brunâtre fut prélevée, ainsi que des sections transversales des branches, à différents niveaux des galeries internes. Le tout fut conservé à sec, à la température du laboratoire.

Le 3 décembre 1940, les différents prélèvements furent soumis à une épreuve d'immersion dans l'eau du robinet, en cristallisoirs distincts. On vit apparaître, quelques jours plus tard, dans le lot renfermant le magma de décomposition, ainsi que dans une des sections de branches, la plus proche de l'origine des altérations, plusieurs petites larves à l'éclosion, de l'*A. pulchritarsis*.

Après nouveau desséchement, une seconde immersion de la même section de branche, pratiquée le 14 janvier 1941, donna cette fois naissance exclusivement à des larves de l'*A. geniculatus*. A trois reprises différentes, des alternances de mises à sec et de réhydratation du même fragment de bois déterminèrent chaque fois l'éclosion de nouvelles larves du même Culicide.

Cette observation confirme donc le développement possible dans les parcs et jardins de l'agglomération parisienne, aux dépens de lésions profondes et peu apparentes des troncs d'arbres, de deux moustiques susceptibles d'intéresser l'hygiène publique pour des raisons diverses.

Le caractère essentiellement discret et insidieux de leur développement le rend particulièrement difficile à déceler et à réduire; les œufs déposés sur les parois des cavités de certains arbres peuvent, après des mois de conservation à sec, donner naissance à des foyers d'infestation successifs, toutes les fois que l'eau de pluie vient à les baigner. Le seul remède possible contre ces développements fortuits ne pourrait consister que dans une occlusion soigneuse de toutes les lésions du tronc, susceptibles de donner naissance à des dépressions ou des cavités internes.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur la fabrication du sulfate d'ammoniaque et sur quelques conséquences au point de vue agricole.* Note de M. **Georges Claude**.

Dans l'intérêt passionné que soulèvent aujourd'hui avec tant de raison les choses de l'agriculture, les journaux ont dévoilé un peu hâtivement, en les amplifiant et les déformant, les idées très modestes que je me propose d'appliquer en Sologne : je crois utile, ne fut-ce que pour freiner des espérances exagérées dont je serais ainsi l'auteur involontaire, de préciser ce que sont ces idées et où j'en suis à leur sujet.

Mon point de départ a été la connaissance du fait qu'étant donnée la raréfaction croissante de l'acide sulfurique, en raison, en particulier, des besoins accrus de la fabrication de la *rayonne*, on se préoccupe beaucoup de développer la fabrication, déjà importante, du sulfate d'ammoniaque par le gypse. Or le cycle suivant lequel est réalisée aujourd'hui cette fabrication présente deux inconvénients; d'une part il nécessite un matériel important et dispendieux en raison de la lenteur relative de certaines opérations, d'autre part il entraîne une dépense importante de charbon pour l'évaporation des solutions.

J'ai conçu un autre cycle, que mes expériences montrent capable d'atténuer l'un et l'autre de ces défauts.

Ce procédé consiste à utiliser dans des conditions convenables le fait qu'en traitant par de l'ammoniaque anhydre les solutions concentrées de sulfate d'ammoniaque que fournit facilement la réaction du gypse sur le carbonate d'ammoniaque, on peut précipiter les 3/4 et plus du sulfate d'ammoniaque qu'elles contiennent. Il suffit alors d'enlever à la solution restante l'excès d'ammoniaque qu'elle renferme, par rapport à celle qui est nécessaire pour reconstituer par le gypse une quantité de sulfate d'ammoniaque égale à celle qui a été précipitée, et ainsi de suite.

J'ai appris, depuis mes essais, que ce principe a été indiqué en 1924 par la Lonza [1]. Il ne semble cependant pas qu'on ait obtenu un ensemble de conditions convenables pour sa réalisation, car aucune application pratique n'en a été faite.

Voici, sous la forme d'opérations discontinues, celui que je pense le meilleur.

---

[1] Brevet suisse 114.699 du 24 novembre 1924, au nom des *Elektrizitätswerke Lonza.*

La solution filtrée de sulfate d'ammoniaque obtenue par le gypse, contenant au moins 400 g : l, arrive dans un récipient étanche muni d'agitateurs, à une température de l'ordre de 60-70°, maintenue dans l'ensemble du cycle. On fait arriver alors dans ce récipient de l'ammoniaque anhydre, d'abord celle en excès de la solution précédemment précipitée, puis l'ammoniaque liquide d'une citerne, à raison, en tout, de 200^g environ de NH^3 par litre de liquide initial; on enlève constamment la chaleur dégagée par une circulation d'eau froide, ce qui est facile et économique à cette température de 70°. Le sulfate précipite en masse à raison de 250-300^g par litre de liquide initial, tandis que du fait de la température, la tension de NH^3 monte jusqu'à 2 ou 3^{atm}. Sous l'action de cette pression, on chasse le liquide, contenant 100 à 150^g de sulfate dissous par litre, à travers un faux-fond filtrant, vers un récipient 2 où s'opérera l'enlèvement de l'ammoniaque en excès. La filtration à travers le sulfate, puis le lavage de celui-ci par une solution saturée de sulfate d'ammoniaque, sont faciles et rapides; des dispositifs appropriés permettent alors l'extraction rapide de ce sulfate, puis le remplissage de liquide pour l'opération suivante; celle-ci consistera, comme il a été dit, à y renvoyer l'ammoniaque en excès du second récipient, d'abord spontanément en raison de la tension de celle-ci, puis à l'aide d'un compresseur rotatif qui puise dans le récipient 2, muni d'agitateurs, jusqu'à une dépression qui se limite finalement à quelques dixièmes d'atmosphères en raison de 70 à 80^g de NH^3 par litre qu'il faut y conserver. Le complément de NH^3 nécessaire, égal à ce qu'on doit laisser dans le liquide de 2 pour sa transformation en sulfate, est envoyé d'une citerne à NH^3 liquide, dont la pression est surabondante pour cette fin d'opération. La dépense d'énergie mécanique nécessaire pour ce transfert de l'ammoniaque est ainsi très faible, soit environ 20 kwh par tonne de sulfate. L'absorption de chaleur correspondant au départ de l'ammoniaque du récipient 2 est compensée, à la température du cycle, par un apport de vapeur dans un système tubulaire approprié, mais la dépense de charbon correspondante, soit 60^{kg} par tonne de sulfate, est faible, comparée aux 250-300^{kg} du cycle actuellement employé.

Lorsque NH^3 en excès a été chassé, on envoie par pompe le liquide de 2 dans un récipient 3 muni d'agitateurs, où l'on introduit ensuite le gypse en poudre très fine et l'acide carbonique. On remarquera que l'ammoniaque anhydre et l'acide carbonique nécessaires à ces opérations sont tous deux fournis en abondance dans les usines de synthèse recevant leur hydrogène du procédé par conversion. C'est un des avantages de la température

élevée du cycle que la réaction du gypse sur le carbonate est rapide et complète. Lorsqu'elle est effectuée, le liquide de 3 est transféré dans une essoreuse, qui présente cette particularité que la totalité du liquide d'une opération y peut tenir. Cette essoreuse, qui était au repos, est mise progressivement en mouvement, et celui-ci peut être continué pendant la totalité de la durée d'une opération. C'est donc un séjour de l'ordre des heures et non plus des secondes, comme dans les centrifugeuses ou écrémeuses usuelles, que la bouillie fait dans cette essoreuse, et dans ces conditions les vitesses peuvent être très faibles et amener cependant une séparation parfaite entre un carbonate de chaux très compact et le liquide clair, lequel sera transféré en 1 pour recommencer le cycle des opérations, dont le parcours comporte quelques détails sur lesquels je n'insiste pas.

Or c'est précisément au sujet du carbonate de chaux résiduel résultant de la transformation du gypse que sont nées les espérances dont je parlais.

Dans la technique actuelle, ce carbonate de chaux est soigneusement lavé pour en récupérer le mieux possible le sulfate d'ammoniaque qu'il contient. On complique et l'on allonge ainsi, surtout dans mon cycle, l'ensemble des opérations. Or, pourquoi le laver, alors que ce corps quasi colloïdal, avec les 10 à 15 % de sulfate d'ammoniaque qu'il contient sans lavage, serait particulièrement précieux en apportant à la fois l'engrais et un amendement facilement assimilable aux sols décalcifiés, si répandus en France? On connaît particulièrement le cas de ces régions de la Sologne, où le calcaire est si curieusement déficient que sa teneur y atteint rarement 1 pour *mille*.

Ce carbonate résiduel, qui, sec, est pulvérulent, est d'un usage facile soit tel, soit à l'état de bouillie. S'il pouvait être livré pour le sulfate d'ammoniaque qu'il contient, compté lui-même à bas prix en raison de la simplification de la fabrication, si, d'autre part, le transport lointain pouvait en être envisagé, l'emploi de ce corps à raison de 2 à 3 tonnes à l'hectare, et dont l'épandage apporterait à la fois l'amendement et l'engrais, serait sans doute bien supérieur à celui des marnes et même des chaux qu'on emploie actuellement.

Mais on voit que pour que ces espérances se réalisent, il faudrait, d'une part, que le procédé que je viens de décrire soit appliqué et en fonctionnement; or il n'est pas exact que, comme on l'a dit, il soit dès maintenant employé à Toulouse, et l'on commence seulement à l'étudier dans les milieux compétents; il faudrait, d'autre part, que les transports par eau

soient possibles, et que pour cela les canaux d'intérêt local de la Sologne soient reliés au réseau général.

Je dois dire, en tout cas, que, désireux de me faciliter dès maintenant les essais sur ce point, M. Cartier, directeur de l'Office National de l'Azote de Toulouse, a bien voulu mettre gracieusement à ma disposition à Toulouse une centaine de tonnes de ce carbonate non lavé, avec l'autorisation d'en faire profiter quelques agriculteurs entreprenants de la région. Je l'en remercie vivement.

J'espère que la Commission Supérieure instituée pour l'aménagement de la Sologne pourra inscrire l'étude de cette question à son programme.

MAGNÉTISME. — *Les susceptibilités diamagnétiques des alcools butyliques.* Note de M. **Blas Cabrera** et Mlle **Hélène Colson**.

L'étude du diamagnétisme offre encore de nombreux problèmes dont la solution expérimentale est difficile, à cause des faibles valeurs des susceptibilités diamagnétiques. M. Pascal a fait le premier de telles études, mais la technique a été perfectionnée depuis. Il a formulé une loi d'additivité qu'exprime l'équation

$$\chi_m = \Sigma_i a_i \chi_{A_i} + \lambda;$$

χ_m, susceptibilité moléculaire d'une espèce chimique déterminée; χ_{A_i}, susceptibilité atomique de l'élément A_i; a_i, nombre d'atomes A_i dans la molécule; λ, une constante caractéristique de la structure de la molécule en question.

Nous préférons écrire plus simplement

$$\chi_m = \Sigma_i a_i A_i,$$

en modifiant la signification de χ_{A_i}; elle ne correspond pas à l'atome libre, mais à l'atome lié dans la molécule considérée : on peut penser que les actions mutuelles des différents atomes présents dans une molécule déforment leur configuration électronique et modifient les susceptibilités atomiques d'une façon déterminée par la structure de la molécule et caractéristique de celle-ci. Dans une première mise à l'épreuve de la loi d'additivité pour les alcools normaux $H(CH^2)^n OH$, MM. Cabrera et Falhenbrach ont été conduits à l'exprimer sous la forme

$$\chi_{alc} = n\chi_{CH^2} + \chi_H + \chi_{OH}.$$

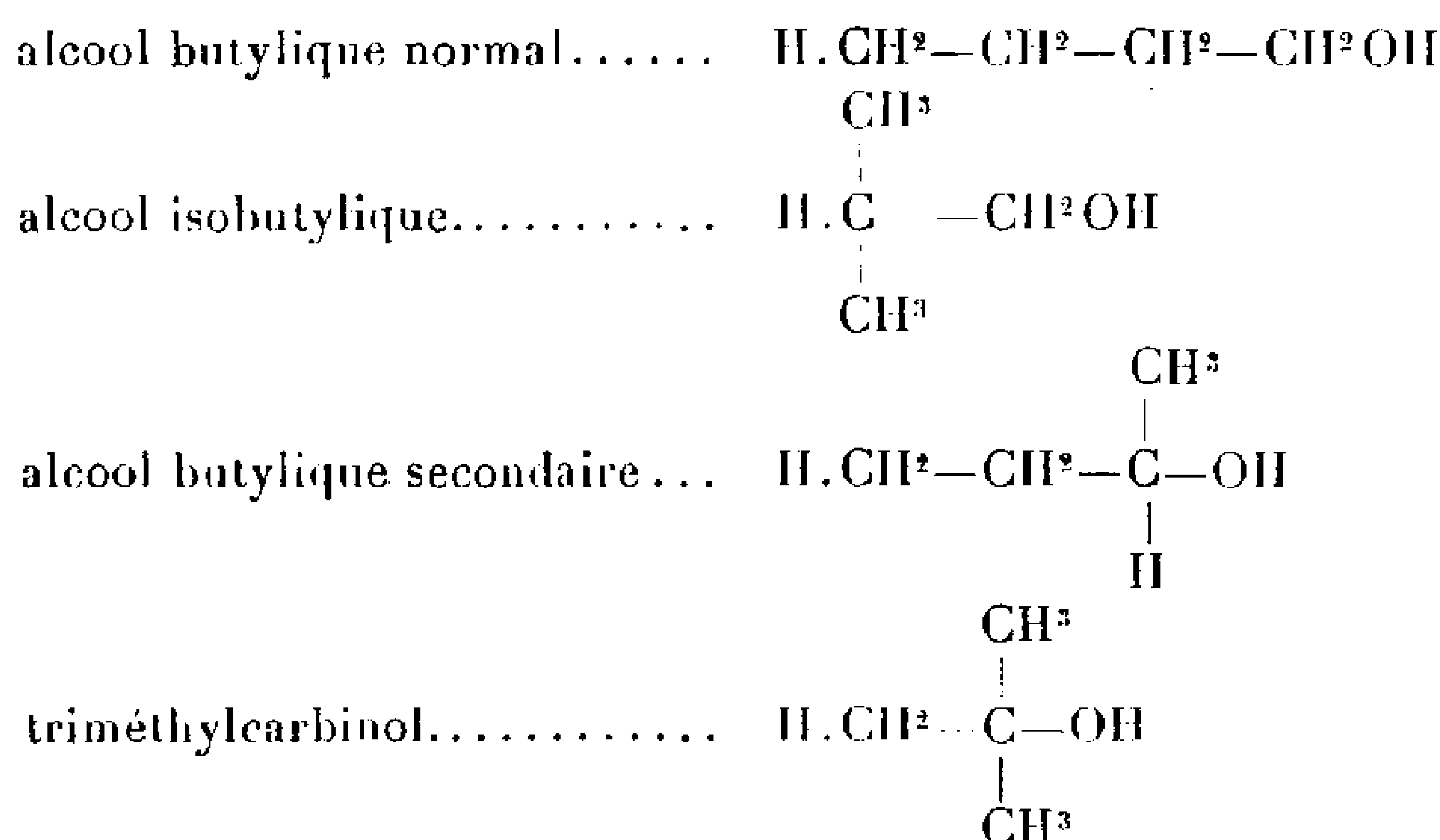
Ils ont de plus montré que tous les atomes H liés au carbone présentent

la même susceptibilité χ_{H} d'ailleurs différente de $1/2\ \chi_{H^2}$. Mais cette identité de tous les atomes H, qui s'explique par la simplicité de constitution de cet atome, n'existe pas forcément pour les différents atomes d'un même élément présents dans la molécule : rien n'autoriserait à exprimer la loi d'additivité sous la forme

$$\chi_{alc} = n\chi_{C} + (2n+2)\chi_{H} + \chi_{O}$$

et on peut penser que les susceptibilités des différents isomères ne sont pas les mêmes.

Nous avons commencé l'examen de cette question en étudiant avec soin le groupe des *alcools butyliques*



La comparaison rigoureuse des susceptibilités pour les différents isomères exige que l'on fasse les mesures dans des conditions telles que la valeur de χ ne soit pas influencée par les petites modifications des agents extérieurs pendant la durée d'une mesure; en particulier, on doit déterminer, par l'étude des variations thermiques de χ, le domaine de températures pour lequel χ reste invariable : l'étude, étendue de $-79°$ à $+150°$C., nous a assurés de la constante de χ au $1/1000$ près pour les alcools en question, au moins au-dessus de la température ambiante, et n'a mis en évidence une légère diminution qu'aux basses températures.

On compare chaque jour les différents alcools à l'eau distillée dont la susceptibilité spécifique est

$$\chi_{eau} = -0{,}7200[1 + 1{,}15(t - 20°).10^{-4}].10^{-6}.$$

Le rapport des actions magnétiques [rapport des déviations δ lues sur l'échelle ([1])] sur des volumes égaux d'alcool et d'eau pareillement placés

([1]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1115.

dans le champ magnétique donne — au rapport de leurs masses, $m_{eau}/m_{alc.}$, près — le rapport de leurs susceptibilités apparentes χ' dans l'air

$$\frac{\chi'_{alc.}}{\chi'_{eau}} = \frac{\delta_{alc.}}{\delta_{eau}} \frac{m_{eau}}{m_{alc.}},$$

où

$$\chi' = \chi - \varkappa v$$

[$\varkappa$ (susceptibilité par cm^3 d'air) $= 33,1(P_0/T^2).10^{-6}$ à la température absolue T sous la pression P_0 cm de mercure (à 0°); v, volume spécifique de la substance].

Les liquides sont contenus dans un tube cylindrique (A) de diamètre 6^{mm} terminé par un tube capillaire dont chaque millimètre correspond à $0^{mm^3},19$; le volume total est $1^{cm^3},2890 \pm 0^{cm^3},0002$. Le tube sert en même temps de picnomètre, la mesure des masses d'eau et d'alcool fournissant le volume spécifique de chaque alcool avec une précision très suffisante pour les corrections dans lequel on doit l'utiliser :

Alcool.	Volume spécifique (cm^3).
butylique normal............	1,2241 (1 ± 0,0008)
isobutylique................	1,2276 (1 ± 0,0018)
butylique secondaire.........	1,2260 (1 ± 0,0054)
triméthylcarbinol............	1,2497 (1 ± 0,0082)

Le tableau suivant donne les valeurs $-\chi_m.10^6$ et les écarts ε des valeurs individuelles avec la moyenne correspondant à chaque alcool.

	Butylique normal.		Isobutylique.		Butylique secondaire.		Triméthylcarbinol.	
	$-\chi_m.10^6$.	ε.	$-\chi_m.10^6$.	ε.	$-\chi_m.10^6$.	ε.	$-\chi_m.10^6$.	ε.
12-III-41..	58,14	+1,44	59,67	+1,84	59,43	+1,59	–	–
13-III- ..	55,28	−1,42	57,87	+0,04	–	–	56,25	−1,06
19-III- ..	57,03	+0,33	58,24	+0,41		–	57,66	+0,35
23-IV- ..	56,80	+0,10	57,51	−0,32	57,75	−0,09	56,94	−0,38
30-IV- ..	56,29	−0,41	56,48	−1,35	57,37	−0,47	56,65	−0,66
1-V- ..	56,75	+0,05	–	–	57,97	+0,13	57,84	+0,53
7-V- ..	55,36	−1,34	56,10	−1,73	56,84	−1,00	56,98	−0,33
12-VI- ..	57,15	+0,45	–	–	57,09	−0,75	–	–
19-VI- ..	57,62	+0,92	58,93	+1,10	58,10	+0,26	–	–
25-VI- ..	56,81	+0,11	–	–	58,19	+0,35	58,68	+1,37
Id. ..	56,68	−0,02	–	–	–	–	–	–
2-VII- ..	56,14	−0,56	–	–	–	–	57,49	+0,18
3-VII- ..	57,05	−0,65	–	–	–	–	{ 57,55	+0,24
							{ 57,10	−0,21
Moyennes..	$56,70_0$	±0,52	$57,82_8$	±0,97	$57,84_2$	±0,58	$57,31_4$	±0,54

Remarquons d'abord que la valeur donnée par MM. Cabrera et Fahlenbrach pour l'alcool butylique normal ($\chi_m = -55,74 . 10^{-6}$) se trouve dans les limites des valeurs individuelles pour cet alcool. D'autre part, bien que le tableau précédent accuse des écarts moyens ε/χ_m de l'ordre de 1/100, il montre aussi que les écarts journaliers ε sont sensiblement parallèles pour les différents alcools et il permet de conclure, avec une précision dépassant même celle à laquelle on peut donner χ pour chaque alcool, à des différences petites, mais appréciables entre les isomères. Voici les moyennes des différences journalières relatives aux alcools indiqués :

Isobutylique—Butylique normal...............	$(1,18 \pm 0,54) . 10^{-6}$
Butylique secondaire—Butylique normal.......	$(1,14 \pm 0,25) . 10^{-6}$
Triméthylcarbinol—Butylique normal.........	$(0,86 \pm 0,51) . 10^{-6}$

Ces différences sont probablement dues à une déformation du carbone lors de la substitution à un atome H d'un groupe CH^3, l'effet (augmentation de $|\chi|$) paraissant être le même quelle que soit la place de l'atome H substitué. De plus on peut penser que la dissymétrie de l'ensemble de la molécule influe sur cette structure et tend également, semble-t-il, à augmenter la valeur de $|\chi|$.

MINÉRALOGIE. — *Spécification des argiles du Sidérolithique subordonnées à la formation des Sables du Périgord, en Dordogne.* Note (¹) de M. **Jacques de Lapparent.**

Les gisements d'argile qui ressortissent à la formation des Sables du Périgord, en Dordogne, sont depuis longtemps connus et exploités pour des fins diverses. On les tient pour kaoliniques. Cependant M. A. Lacroix a signalé la présence de *confolensite*, mélange de montmorillonite et de kaolinite, à Mouges, près de Thiviers (²). En connexion avec cette indication, une étude que nous venons de faire des amas argileux situés au Nord-Est d'une ligne Cadouin, Saint-Avit-le-Sénieur, Montferrand, Capdrot, au Sud de la Dordogne riv., nous a montré que les minéraux du groupe de la kaolinite qui les constituent y sont souvent associés à la montmorillonite.

(¹) Séance du 16 juillet 1941.

(²) *Minéralogie de la France*, 1, p. 482.

Le groupe même de la *kaolinite* est représenté soit par la kaolinite typique en petits cristaux vermiculaires du faciès bien connu, soit par l'*halloysite* telle que la définissaient jadis les minéralogistes, à savoir une argile compacte, non plastique, à cassure conchoïdale et dont les esquilles sont translucides sur leurs bords. L'halloysite de Dordogne fournit d'ailleurs une courbe thermique caractéristique du groupe kaolinique, mais avec un premier crochet endothermique important débutant à 120° et se terminant à 180°. Le radiogramme Debye-Scherrer est un radiogramme de kaolinite à 7 Å. Si cette halloysite put être à l'origine une halloysite à 10 Å, comme celle d'Angleur avec laquelle elle présente une grande similitude d'aspect extérieur, elle aurait déjà subi sa transformation; elle correspondrait alors aux *métahalloysites* de M. Mehmel. L'analyse chimique A montre qu'elle est typiquement halloysite au sens où Henry Le Chatelier l'entendait, pouvant être exprimée comme *kaolinite* + *eau*.

	SiO^2.	Al^2O^3.	Fe^2O^3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na^2O.	K^2O.	TiO^2.	P^2O^5.	H^2O^-.	H^2O^+.	Total.
A....	43,46	37,11	0,33	traces	néant	0,12	0,02	0,30	traces	néant	4,98	13,84	100,1[illegible]
B....	49,78	19,91	0,67	0,05	2,64	2,24	traces	traces	traces	traces	17,01	7,98	100,28
C....	47,84	28,82	1,00	0,05	1,29	1,60	0,23	0,19	traces	traces	9,03	10,33	100,38
D....	43,10	34,81	0,39	traces	0,12	0,44	traces	traces	traces	néant	8,19	13,31	100,3[illegible]
E....	49,68	19,99	5,65	0,27	2,23	1,44	0,19	1,43	0,80	0,10	10,65	7,77	100,2[illegible]
F....	41,40	18,10	7,40	0,70	2,70	1,60	0,20	1,10	–	–	16,30	10,50	100,0[illegible]

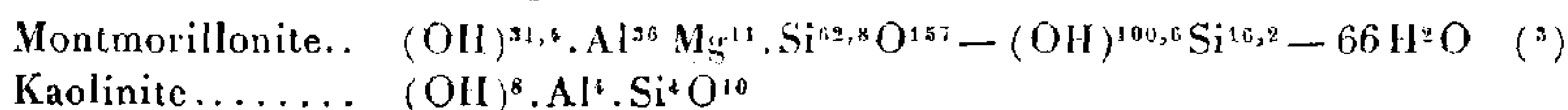
(Analyses Raoult.)

Optiquement, elle est presque isotrope, seulement marquée de filasses de biréfringence excessivement faible.

Halloysite et kaolinite s'associent pour former des masses, blanches comme l'halloysite, mais d'aspect plus mat : les vermiculures de kaolinite sont saisies dans des filasses halloysitiques. Rappelons que M. A. Lacroix, dans sa *Minéralogie de la France* (1, p. 468 et 479) signale aux Eyzies, au Nord de la Dordogne riv., des filonnets d'halloysite dans le kaolin.

La *montmorillonite* forme des masses diaphanes, légèrement teintées de vert clair ou de rose, se coupant au couteau avec la plus grande facilité et susceptible de donner ainsi de minces copeaux. Le radiogramme d'une telle substance est typiquement celui des montmorillonites tant américaines qu'algéro-marocaines. La courbe thermique, elle aussi, ne laisse aucun doute sur la détermination de l'espèce; elle révèle toutefois la présence d'une petite quantité de kaolinite en mélange avec la montmorillonite. L'analyse chimique B montre qu'elle est magnésienne et calcique, ce qui souligne une fois de plus que *toutes* les montmorillonites sont magnésiennes;

elle permet de calculer un mélange de montmorillonite et de kaolinite exprimé formulairement par

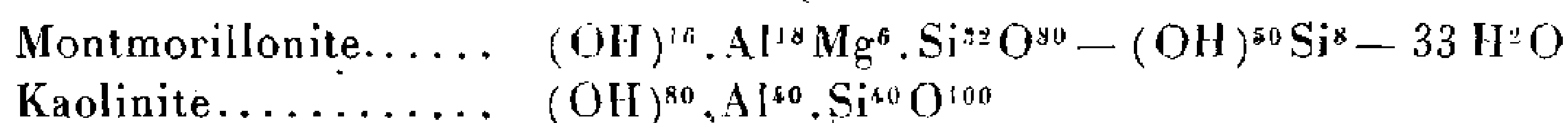


Montmorillonite.. $(OH)^{31,4}.Al^{36}\,Mg^{11}.Si^{62,8}O^{157} - (OH)^{100,6}Si^{16,2} - 66\,H^2O$ (³)
Kaolinite........ $(OH)^8.Al^4.Si^4O^{10}$

ce qui fait en poids 94 de montmorillonite et 6 de kaolinite pour 100 de la matière argile.

Au microscope cette montmorillonite apparaît en amas de filasses de haute biréfringence et de basse réfringence ainsi qu'il doit en être des montmorillonites.

En certaines masses argileuses la montmorillonite et la kaolinite se trouvent en proportions équivalentes : des vermiculures de kaolinite sont prises dans un ciment de montmorillonite. Il y a pénétration interfoliaire de la kaolinite par la montmorillonite et celle-ci joue, vis-à-vis de celle-là, le rôle d'une sorte de péritoine. L'analyse C montre que, par rapport à la précédente B, les proportions de MgO ont baissé de moitié. Elle correspond au mélange



Montmorillonite...... $(OH)^{16}.Al^{18}Mg^6.Si^{32}O^{90} - (OH)^{50}Si^8 - 33\,H^2O$
Kaolinite............ $(OH)^{80}.Al^{40}.Si^{40}O^{100}$

ce qui fait en poids 48 de montmorillonite et 52 de kaolinite.

Le radiogramme ne souligne, comme on devait s'y attendre pour un tel mélange, que la kaolinite; la courbe thermique, d'allure générale kaolinique, est chargée d'accidents nettement symptomatiques de la montmorillonite.

La montmorillonite et l'halloysite sont le plus souvent en contact de la manière que voici : un nodule halloysitique est craquelé à sa périphérie et de la montmorillonite pénètre dans les craquelures, étant alors toujours associée à des amas vermiculaires de kaolinite dont elle forme encore un péritoine. On ne peut analyser qu'un mélange riche en halloysite, mais l'analyse D souligne par rapport à celle de l'halloysite pure l'introduction de MgO. La courbe thermique, d'allure évidemment kaolinique, est encore chargée d'accidents dus à la montmorillonite. Le radiogramme, qui a pu être fait sur une matière un peu plus riche en montmorillonite, est du type kaolinique, mais agrémenté d'une ligne faible correspondant à $d/n = 3,13$ Å, harmonique 5, dans la montmorillonite, de la réflexion sur (001), direction du feuillet élémentaire de la phyllite.

Certaines argiles vertes, de ton vert-de-gris, qui chargent les terres blanches sont plus difficiles à déterminer. Leur courbe thermique et leur

(³) Mg représente les protoxydes et Al les sesquioxydes.

radiogramme inciteraient à les rattacher au groupe attapulgitique ([4]); elles présentent du fait de ces tests beaucoup d'analogie avec les terres de Lagny (S.-et-M.) ([5]). L'étude microscopique montre en outre que la montmorillonite doit participer à leur constitution. Elles sont bien magnésiennes et relativement riches en Fe^2O^3 (analyse E). Nous pensons qu'elles doivent être faites du mélange des trois argiles, kaolinite, attapulgite, montmorillonite, auxquelles seraient peut-être associée de la nontronite.

Les argiles dont il vient d'être question forment des amas à la base ou dans la masse des sables rouges du Sidérolithique. Stratigraphiquement elles sont à rapporter au Ludien et au Sannoisien. Sur cet ensemble repose la masse étendue et puissante des terres de *La Bessède* dont l'âge serait stampien. Il s'agit là de terres assez quartzeuses, d'un gris jaunâtre. L'analyse F répond de la composition de leur partie argile. Elles sont vraisemblablement, comme les argiles vertes dont il vient d'être question, faite du mélange kaolinite, attapulgite, montmorillonite.

M. **Lucien Cayeux** fait hommage à l'Académie d'un opuscule intitulé *Causes anciennes et Causes actuelles en Géologie* et formule la conclusion suivante : Il est nécessaire de réserver une place à des Causes anciennes à côté des Causes actuelles, dans l'étude des formations sédimentaires de l'écorce terrestre, si l'on veut faire appel à toutes les lumières susceptibles de nous en donner l'intelligence.

CORRESPONDANCE.

Le **Comité** constitué pour fêter la *quinzième année du décanat de* M. **Charles Maurain** à la Faculté des Sciences de Paris fait hommage à l'Académie de la plaquette frappée à cette occasion.

M. **André Marchaud** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 971.

([2]) *Ann. Off. Comb. liq.*, n° 5, 1936, p. 910.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les continus frontières d'une région et la représentation conforme.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Paul Montel.

Soit G la frontière d'une région plane D (ouverte, connexe). Nous dirons que G admet en un de ses points M *l'angle d'accessibilité* AMB *à partir de* D, si 1° quels que soient les rayons A'M, B'M intérieurs à l'angle AMB, ces deux rayons limitent entre eux un secteur de cercle ayant pour centre M et intérieur à D (sauf pour le sommet M du secteur), 2° ni AM ni BM ne sont intérieurs à un autre angle A_1MB_1 jouissant des propriétés précédentes.

Si cet angle est 2π et si G est continu, M est un *point de rebroussement de* G à pointe dirigée vers l'intérieur de D.

On peut construire des continus G_0, G_1, G_2, frontières de régions D_0, D_1, D_2, et possédant 1° *une infinité dénombrable de points de rebroussement dirigés vers* D; 2° ou bien (pour G_0) uniquement des points accessibles sous un angle au plus égal à $\pi/2$, ou bien (pour G_1 et G_2) *aucun point d'accessibilité angulaire positive.*

Enfin G_0 *et* G_1 *sont des courbes simples de Jordan*, G_2 est de l'espèce dont un exemple est donné dans ma Note du 7 juillet 1941, tel que tout arc-intervalle de Jordan intérieur à D et ayant ses extrémités sur G, divise D en deux régions ayant l'une et l'autre pour frontière la totalité de G.

Dans la représentation conforme $u=f(z)$ *des domaines* D_1 *ou* D_2 *sur le cercle* $C(|z|<1)$, *il n'y a aucun point a de* $\Gamma(|z|=1)$, auquel corresponde un point b de G de façon qu'une égalité d'un type analogue à

$$f(z)-b=[k+\varepsilon(z)](z-a)^m\log^p(z-a) \qquad [|k|>0,\ \varepsilon(z)\to 0]$$

puisse être *vérifiée angulairement dans* C *au voisinage de a*, sauf pour une infinité dénombrable de points a correspondant aux points de rebroussement de G_2 et de G_3, et pour lesquels on peut faire en sorte que $m=2$, $p=0$. Ceci montre à la fois l'inutilité de rechercher s'il y a pour toute fonction $f(z)$ univalente dans C, des points de Γ où $f(z)$ admet une dérivée angulaire finie, et l'intérêt d'avoir déjà sur une plénitude de Γ, l'approximation angulaire $f(z)-b=o(\sqrt{z-a})$, si modeste puisse-t-elle paraître. En tout cas *l'exposant* $1/2$ *de* $z-a$ *ne correspond à aucune estimation immédiate de l'argument de* $f(z)-b$. Pour progresser à cet égard, il faudrait sans doute se contenter d'évaluations angulaires vraies

dans D et autour de a sur des épaisseurs radiales supérieures égales à 1, c'est-à-dire valables dans des secteurs de couronnes ayant leur centre en a et des rayons extrêmes à rapport non borné. Il semble que des études mi-topologiques, mi-métriques sur l'accessibilité de nature correspondante des continus G serait une utile préface à ces recherches.

Voici le principe de la construction de G_0. Soit $\gamma_1 = G^1$ une circonférence, D^1 son intérieur. Sur γ_1 marquons les sommets M_1^i d'un polygone régulier d'un nombre assez grand de côtés. Les points M_1^i feront partie de G; D_0 contiendra D^1. Traçons les quasi demi-cercles γ_2^i orthogonaux et extérieurs à γ_1, ayant pour extrémités M_1^i et M_1^{i+1}. Leur réunion forme une courbe simple G^2 limitant une région D^2 comprenant D^1 et dessinant un feston autour de D^1; D_0 contiendra D^2. Sur chacun des arcs γ_2^i nous prenons une suite de points M_2^j s'accumulant en M_1^i et M_1^{i+1} et suffisamment rapprochés pour que les quasi demi-cercles γ_3^h orthogonaux à γ_2^i et ayant pour extrémités deux points M_2^j consécutifs sur γ_2^i soient à distance positive des demi-cercles analogues festonnant la demi-circonférence γ_2^{i-1} ou γ_2^{i+1} la plus voisine. Les points M_2^j appartiendront tous à G_0; D_0 contiendra le domaine D^3 limité par la réunion G^3 de tous les γ_3^h. On recommence ainsi indéfiniment. G_0 est la limite des G^n. La construction est aisée à préciser.

Pour obtenir G_1 on modifie ainsi cette construction. On part encore de γ_1, des M_1^i et des γ_2^i. On étire en une ogive épointée chacun des quasi demi-cercles γ_3^h en lui donnant pour tangente en chacune de ses extrémités M_2^j la bissectrice de l'angle $M_1^i M_2^j M_1^{i+1}$. Généralement, ayant formé des arcs γ_n^s, on place sur chacun d'eux des points M_n s'accumulant aux extrémités de γ_n^s, et aussi serrés qu'il peut être utile. On joint deux points M_n^k consécutifs sur un même γ_n^s par un arc γ_{n+1}^m suffisamment étiré, et ayant en ses extrémités des tangentes convenablement choisies. La courbe de Jordan limite G_1 est telle que tout point M de G_1 distinct des M_n^k est atteint depuis D_1, en traversant une suite de cordes $M_p^r M_p^t$ dont on voit au plus du point M un segment sous un angle tendant vers zéro.

Dans un champ $0 < v < \mu < 2$, soit $\varphi(v)$ une fonction positive non décroissante, telle que $\int_0^\mu dv/\varphi(v) < \infty$, et $\psi(v) = \int_0^v \varphi(v)\,dv < 2 - v$. Par exemple, $\psi(v) = kv^\gamma (1 < \gamma < 2)$ ou $\psi(v) = kv^2 \log^p 1/v$ $(p < 1)$ etc. Soit enfin $\Delta_\psi(\alpha)$ le voisinage de $a = e^{i\alpha}$ limité par la courbe $c_\psi(\alpha)$, savoir $1 - |z| = \psi(|z - a|)$. Le lecteur de ma Note du 23 juin aura remarqué qu'il existe une plénitude E_ψ de Γ aux points a de laquelle $f(z)$ *tend vers une limite unique b quand z tend vers a dans* $\Delta_\psi(\alpha)$. *La courbe* $c_\psi(\alpha)$ *a un contact d'ordre maximum égal à* 1 *avec* Γ. Mais, comme on ne peut pas dépasser toutes les fonctions ψ vérifiant les conditions posées par une infinité dénombrable d'entre elles, il n'est pas certain qu'il y ait un seul point de Γ où, quel que soit ψ présentant les caractères dits, $f(z)$ soit continu au point a dans $\Delta_\psi(\alpha)$.

Supposons que $\varphi(2v)/\varphi(v)$ soit borné. Soient $z=\zeta e^{i\alpha}$, $x=\xi e^{i\alpha}$, $|z|=|\xi|=r$, $v=|z-a|=|1-\zeta|$, et $c(\alpha)$ la courbe $1-r=\psi(v)$ décrite par z, d'où $|dz|\sim dv$ (le signe $\sim$ liant deux quantités dont le rapport et son inverse sont bornés). Dans l'inégalité

$$\left|\int_{c(\alpha)}\frac{f'(z)}{z-x}dz\right|^2<\int_{c(\alpha)}|f'(z)|^2\varphi(v)\,dv\int_{c(0)}\frac{dv}{\varphi(v)|\zeta-\xi|^2},$$

la dernière intégrale, si $1-|\xi|>2\psi(|1-\xi|)$, équivaut à $|1-\xi|/(1-|\xi|)^2$ quand ξ tend vers 1. On en conclut que, *pour tout point a d'une plénitude de* Γ *et sur tout chemin ayant avec* Γ *un contact d'ordre maximum inférieur à* 1 *au point a* [*ou même situé dans un* $\Delta_\psi(a)$],

$$|f'(z)|=o\left(\frac{\sqrt{z-a}}{1-|z|}\right)$$

quand z tend vers a.

ULTRASONS. — *Étude des ondes stationnaires ultrasonores dans les liquides.* Note (1) de M. **Georges Goudet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les ondes stationnaires ultrasonores dans les liquides permettent de réaliser la modulation de la lumière en haute fréquence (2).

L'objet de cette Note est de préciser les conditions de leur emploi en vue de cette application.

La source d'ultrasons est une lame de quartz piézoélectrique Q à faces perpendiculaires à l'axe électrique, disposée parallèlement à un réflecteur plan métallique R. Un liquide L remplit l'espace entre Q et R.

La lame Q est pourvue d'armatures métalliques d'inertie négligeable entre lesquelles on établit une différence de potentiel sinusoïdale $U=U_1e^{i\omega t}$. Il se produit alors en tout point du quartz, du liquide et du réflecteur une oscillation forcée de même fréquence N.

L'élongation y et la pression p peuvent être calculées en fonction de U, si l'on applique à Q les deux lois de la piézoélectricté (3) et si l'on exprime la continuité de l'élongation et la pression aux deux surfaces de séparation.

---

(1) Séance du 16 juillet 1941.

(2) Lucas et Biquard, *Journ. de Phys.*, 3, 1932, p. 464; Maercks, *Phys. Z.*, 37, 1932, p. 562; Becker, *Z. Hochfrequenz*, 48, 1936, p. 562.

(3) Biquard, *Rev. Ac.*, 3, 1934, p. 104.

Dans le cas où Q est excitée sur sa fréquence propre ou sur celle de l'un de ses harmoniques impairs, on trouve pour valeur de l'amplitude complexe aux ventres d'amplitude dans le liquide,

$$y_V = \pm \frac{2}{n\pi} \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2 V_2} \frac{1+\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}{e^{im\pi}+\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d} e^{-im\pi}} \delta U_1 ;$$

δ, module piézoélectrique principal du quartz;
R, pouvoir réflecteur du plan métallique $(\rho_3 V_3 - \rho_2 V_2)^2/(\rho_3 V_3 + \rho_2 V_2)^2$;
ρ_1, ρ_2, ρ_3, masses spécifiques respectives du quartz, du liquide et du réflecteur;
V_1, V_2, V_3, vitesses respectives du son dans les mêmes milieux;
β_2, coefficient d'absorption du son dans le liquide;
d, distance du quartz au réflecteur;
λ_2, longueur d'onde ultrasonore dans le liquide;
$m = 2d/\lambda_2$;
n, numéro de l'harmonique utilisé.

La condition de résonance est $m = (2m_0 + 1)/2$, m_0 étant entier.

y_ν est alors maximum et égal à Y_ν,

$$Y_\nu = \pm \frac{2}{in\pi} \frac{\rho_1 V_1}{\rho_2 V_2} \frac{1+\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}{1-\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}} \delta U_1.$$

Soient Δm une petite variation de m à partir d'une des valeurs de résonance, $\Delta|y_\nu|$ la variation correspondante de $|y_\nu|$ et μ le coefficient de température $-(dV_2/V_2\, d\theta)$,

$$\frac{\Delta|y_\nu|}{|y_\nu|} = -\frac{\pi^2}{2}\left(\frac{1+\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}{1-\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}\right)^2 \Delta m^2.$$

D'autre part

$$\frac{\Delta m}{m} = \frac{\Delta V_2}{V_2} + \frac{\Delta N}{N} = \mu\,\Delta\theta + \frac{\Delta N}{N};$$

$\Delta N/N$ peut être rendu négligeable vis-à-vis de $\mu\,\Delta\theta$. Donc, si l'on veut que $\Delta|y_\nu|/|y_\nu|$ soit inférieur à ε, il faut réaliser la condition

$$\Delta\theta^2 < \frac{2}{\pi^2 \mu^2 m^2}\left(\frac{1-\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}{1+\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}\right)^2 \varepsilon.$$

La variation correspondante de la phase du mouvement est

$$\Delta\psi = \frac{1+\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}{1-\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}\, m\,\mu\,\Delta\theta.$$

A la résonance l'amplitude de pression aux ventres de pression est

$$P_\nu = \pm \frac{4N}{in} \rho_1 V_1 \frac{1+\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}}{1-\sqrt{R}\, e^{-2\beta_2 d}} \delta U_1$$

et, aux nœuds de pression voisins du quartz,

$$P_N = \pm \frac{4N}{n} \rho_1 V_1 \delta U_1,$$

en quadrature avec la précédente.

La puissance dépensée est

$$W = \frac{8N^2}{n^2} \frac{\rho_1^2 V_1^2}{\rho_2 V_2} \frac{1+\sqrt{R}\,e^{-2\beta_2 d}}{1-\sqrt{R}\,e^{-2\beta_2 d}} \delta^2 U_1^2.$$

Influence de la fréquence. — La variation ΔN de fréquence qui réduit Y_v à $Y_v/\sqrt{2}$ est donnée par

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{1}{n\pi} \frac{\rho_2 V_2}{\rho_1 V_1} \frac{1-\sqrt{R}\,e^{-2\beta_2 d}}{1+\sqrt{R}\,e^{-2\beta_2 d}}.$$

Application à un projet de modulateur. — Lame de quartz excitée sur son harmonique 3, de fréquence $N = 9{,}558.10^6$. Réflecteur d'acier. Liquide : xylène $d = 2^{cm},8$; $m = 400$; $U = 40$ volts; $1+\sqrt{R}\,e^{-2\beta_2 d}/1-\sqrt{R}\,e^{-2\beta_2 d} = 4{,}6$. Dans ce cas

$Y_v = 11$ Å, $P_v = 0{,}75$ atm, $P_N = 0{,}16$ atm, $W = 0{,}1$ watt/cm², $\frac{\Delta N}{N} = 2.10^{-5}$.

Pour $\varepsilon = 0{,}02$, $\Delta\theta = 0^\circ{,}01$ et $\Delta\Psi = 4^\circ$.

La variation de l'amplitude du mouvement des ventres et de la phase Ψ de ce mouvement en fonction de m sont représentées dans un intervalle m_0, m_0+1 par des courbes qui ont l'allure générale de courbes de résonance. Dans le cas numérique envisagé les valeurs remarquables de $|y_v/\delta U_1|$ et de Ψ sont données par le tableau de variation

m	m_0		$m_0+\frac{1}{2}$		m_0+1
$\left\|\frac{y_v}{\delta U_1}\right\|$	2,7	↗	13	↘	2,7
Ψ	0°	↗	90°	↗	180°

Cet exemple montre qu'il est difficile d'augmenter beaucoup d au delà de la valeur choisie sans s'exposer à une instabilité résultant de l'influence de la température. De plus, une telle augmentation réduirait le rapport P_v/P_N et par suite la profondeur de modulation.

OPTIQUE. — *Polarisation de la lumière diffusée par la vapeur de mercure.* Note de M. **Robert Lennuier**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les atomes des gaz inertes, éclairés en lumière naturelle, diffusent (à 90 degrés des rayons incidents) une lumière totalement polarisée ([1]). Ce fait expérimental traduit l'isotropie des atomes ^1S à couches électroniques complètes. J'ai cherché à vérifier de la même manière l'isotropie des atomes dans la vapeur de mercure. Il s'agit encore d'atomes ^1S, mais à couche extérieure incomplète (deux électrons seulement).

Une goutte de mercure fut introduite dans un tube de silice soigneusement vidé. Ce tube a la forme d'une croix; une extrémité de chaque branche est fermée par un regard travaillé optiquement; l'autre extrémité, recourbée en corne, constitue un piège à lumière. L'ensemble du tube est porté à une température de 400° C.; l'une des cornes, qui contient la goutte de mercure liquide, est maintenue à une température voisine de 360° C. qui détermine la pression de la vapeur.

Il n'est pas nécessaire que le rayonnement incident soit monochromatique, mais il doit être très intense.

J'ai pris comme source une lampe à vapeur de mercure sous forte pression Philora S.P.500. J'ai évité la fluorescence verte de la vapeur de mercure du tube en croix en arrêtant les radiations ultraviolettes de la lampe par un écran jaune Schott G.G.3, et j'ai réduit le plus possible la lumière parasite en recouvrant la surface externe du tube d'un enduit noir de graphite colloïdal.

La lumière diffusée transversalement est dédoublée par un prisme biréfringent en deux faisceaux transportant respectivement les composantes perpendiculaire et parallèle au plan de diffusion, d'intensités I et i, et l'on mesure, par photographie, le facteur de dépolarisation $\rho = i/I$.

J'ai déterminé pour cela les temps de pose t et T nécessaires pour obtenir avec le même noircissement, sur la même plaque sensible, les intensités I et i. On a alors

$$\rho = \frac{i}{I} = \left(\frac{t}{T}\right)^{0,9}.$$

Les durées de pose t étaient de 10 secondes environ; les durées de pose T, de

([1]) J. Cabannes, *Comptes rendus*, 171, 1920, p. 852; J. Cabannes et A. Lepape, *ibid.*, 179, 1924, p. 325; A. Rousset, *ibid.*, 204, 1937, p. 1725.

1 heure 30 minutes. La précision est très limitée par la lumière que réfléchissent les parois du tube. J'ai amélioré la comparaison des images I et *i* en faisant apparaître, sous l'image I, un fond artificiel aussi semblable que possible à celui qui apparaît sous l'image *i*. Il suffisait pour cela d'effectuer une longue pose sur le tube froid puis, sans déplacer la plaque sensible, d'ajouter la pose courte donnant I.

La valeur de ρ ainsi obtenue est voisine de 0,003; elle est certainement inférieure à 0,004. Or la correction de convergence des faisceaux, évaluée d'après les résultats expérimentaux de Rousset, atteint 0,002. D'autre part toutes les causes d'erreur dont l'intervention peut être envisagée entraînent une augmentation de la valeur mesurée par rapport à la valeur réelle de ρ.

Ces expériences montrent donc que la dépolarisation de la lumière diffusée par la vapeur de mercure est inférieure à 0,002. L'isotropie de l'atome de mercure est comparable à celle des atomes inertes des gaz rares, dans la limite de précision des mesures.

RAYONS X. — *Un nouveau type d'émission dans le groupe* Lα *des éléments lourds*. Note [1] de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Aimé Cotton.

Au cours de recherches sur les satellites Lα des éléments 62 à 92 [2] j'avais observé plusieurs émissions dont j'avais réservé la publication faute de données expérimentales suffisantes; l'une d'elles apparaît indubitablement sur de récents clichés du bismuth [3], ce qui m'a décidée à en faire une rapide étude systématique. A ma connaissance aucun auteur ne l'a encore signalée.

Les spectres, pris dans des conditions très variées, sont dus à plusieurs micas et quartz courbés sous 20 et 40^{cm} et différents systèmes réflecteurs en divers ordres. Les émissions rapportées ici se manifestent pour un temps de pose convenable, une dispersion suffisante et un minimum de rayonnements diffusés et continu parasites. Il ne s'agit pas de raies dues à des

---

(1) Séance du 7 juillet 1940.

(2) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 721; 202, 1936, p. 2068; 203, 1936, p. 398; 205, 1937, p. 519.

(3) Y. Cauchois, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1136.

impuretés, ni à des réflexions multiples dans le fond continu. Les mesures sont difficiles; mes nombres ne prétendent pas à une grande précision.

Les satellites rapportés ci-dessous avec la notation α_s, sont les plus

	α_s.			α_n.		
	λ u. x.	ν/R.	Δν/R à α_1.	λ u. x.	ν/R.	Δν/R à α_1.
92	Structures Br abs. K			899,5	1013,1	+10,3
90	962,3	947,0	−8,2	944,6	964,7	+ 9,5
88	1010,5	901,8	−7,1	994,9	915,9	+ 7,0
83	1149,2	793,0	−5,3	1133,0	804,3	+ 6,0
80	1245,6	731,6	−4,1	1230,4	740,6	+ 4,9
79	1280,8	711,5	−3,9	1265,8	719,9	+ 4,5
78	1317,3	691,8	−3,6	1302,8	699,5	+ 4,4
75	1435,1	635,0	−2,3	α^x	(639,9)	(+ 2,6)
74	1477,8	616,6	−1,9	1468,7	620,5	+ 2,0
73	1522,1	598,7	−1,3	1514,7	601,6	+ 1,6
72	$ZrK\alpha_1^{II}$	(580,9)	(−1,0)	$\alpha'\alpha^x$	(583,0)	(+ 1,1)

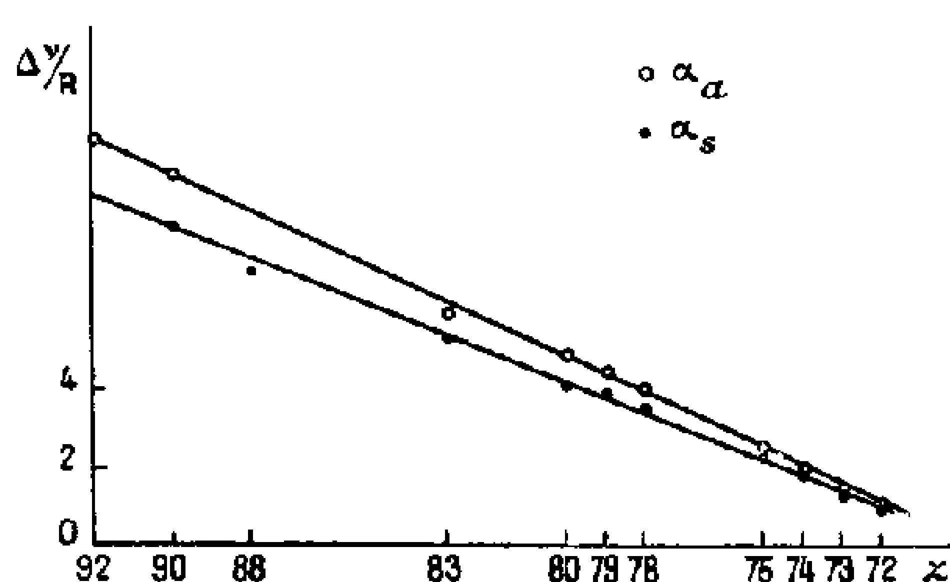
intenses de ceux qui apparaissent sur mes clichés entre α_1 et α_2, exception faite en général de ceux que j'ai déjà publiés sous la notation α^x; il y en a d'autres encore, même au delà de α_2, mais je les laisserai de côté pour le moment. Les raies α_s sont relativement intenses et bien définies sur mes clichés de Th, Bi, Hg, Au et Pt; elles sont plus faibles pour les éléments plus légers. Les structures K du brome entre U α_1 et U α_2 ne permettent aucune conclusion quant à U α_s. L'échantillon de 72 contenait une forte proportion de Zr; nul résultat net ne peut être obtenu pour Ct α_s, vu la possibilité de parution de ZrK α_1 en deuxième ordre sur premier. Sur des clichés relatifs au Ra pris par M. Hulubei ([1]), α_s semble présente, mais une faible émission parasite Tlβ est très gênante. Je n'ai pu étendre les observations aux terres rares par suite de l'étalement de α_1 sur les poses longues.

Je crois α_s apparentée à α_1.

La différence (négative) de fréquence entre α_s et α_1 décroît régulièrement avec le numéro atomique, et, en gros, linéairement. La différence (positive) relative à α_2 ne montre pas une décroissance régulière; il ne semble donc pas s'agir d'un satellite de α_2 analogue à ceux de α_1 bien connus : $\alpha^x \alpha^{ix}$ ou α'. Ces derniers constituent dans leur ensemble une émission généralement considérée comme due à des atomes *doublement*

([1]) H. Hulubei, *Journal de Phys. et le Rad.*, 7e série, 8, 1937, p. 260-267.

ionisés en couche M. Coster et Kronig [5] ont suggéré un mécanisme qui peut conduire à cette double ionisation avec une probabilité suffisante, par l'intermédiaire d'une transition sans rayonnement. On a montré [6] que, par exemple, pour l'or on doit attendre de plus une faible bande complexe vers les grandes ondes par rapport à α_1. Une telle interprétation s'applique peut-être aux satellites α^x que j'ai mis en évidence, mais me semble exclue pour les raies α_s, plus définies, plus intenses et plus séparées de α_1 qu'on ne pourrait le prévoir. Pour les expliquer on peut penser à



des mécanismes atomiques qui fassent intervenir, outre les deux niveaux internes, ici L_{III} et M_V, encore deux niveaux *extérieurs*; une équation atomique telle que $3d\,5p \rightarrow 2p\,5s$ ou analogues, conduirait dans ce sens à l'ordre de grandeur des $\Delta(\nu/R)$ expérimentaux. Des hypothèses de ce genre ont été plusieurs fois envisagées dans l'interprétation de diverses émissions *hors-diagramme* (ainsi le *double-jump* de Richtmyer), mais furent rejetées car elles ne pouvaient rendre compte des intenses satellites de grandes fréquences qu'il s'agissait alors d'interpréter.

L'existence de raies de fréquence inférieure à celle de la raie mère suggère une lointaine analogie avec l'effet Raman; il s'agirait peut-être ici d'une sorte d'*effet Raman interne* dans l'atome émissif même. A l'appui de cette hypothèse, j'ai cherché d'éventuelles raies *antistokes* correspondantes. J'ai effectivement trouvé une suite d'émissions de longueurs d'onde inférieures à celles des α_1, encore plus faibles que α_s, comme on doit s'y attendre et généralement plus séparées de α_1 que α^x et α^{ix}. Je les ai désignées par α_a. Cependant les différences de fréquence avec α_1 sont un peu supérieures à celles des α_s. Mais ceci pourrait se comprendre dans

---

(5) D. Coster et R. de L. Kronig, *Physica*, 2, 1935, p. 13.
(6) F. K. Richtmyer et E. G. Ramberg, *Phys. Rev.*, 51, 1937, p. 925.

l'hypothèse envisagée. En effet, pour l'atome Z, où E_1 et E_2 sont deux niveaux extérieurs, on aurait schématiquement

$$\nu_{\alpha_1} = L_{III} - M_V, \qquad \nu_{\alpha_4} = (L_{III} + E'_2) - (M_V + E''_1), \qquad \nu_{\alpha_n} = (L_{III} + E'_1) - (M_V + E''_2);$$

E''_1 et E''_2 doivent être un peu supérieures à E_1 et E_2 de Z; E'_2 et E'_1 un peu inférieures à E_2 et E_1 de l'atome $Z+1$.

Par suite, on doit avoir approximativement

$$(\Delta\nu)_s \simeq -[(E_1)_Z - (E_2)_{Z+1}] \qquad \text{et} \qquad (\Delta\nu)_a \simeq (E_1)_{Z+1} - (E_2)_Z,$$

donc

$$(\Delta\nu)_a > |(\Delta\nu)_s|.$$

Les deux groupes de satellites rapportés ici pour la première fois semblent représenter un nouveau type d'émissions, susceptibles de se prêter à une étude théorique intéressante.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le refroidissement des mélanges binaires.* Note de M. Schatzman.

Il est possible de préciser plus qu'on ne l'a fait [1] la forme du solidus *fictif*, obtenu lors d'un refroidissement d'un mélange binaire, effectué trop rapidement pour laisser place à la diffusion nécessaire pour l'obtention de l'équilibre thermodynamique.

Les hypothèses qui ont servi de base au calcul sont les suivantes :

1° le solide est hétérogène;

2° le liquide est homogène et est en équilibre avec la couche superficielle du solide;

3° il n'y a pas de diffusion, c'est-à-dire que la composition du solide en un point ne varie pas au cours du temps.

Voici un résumé des résultats obtenus :

Notations. — Soient $A_1(T)$ et $A_2(T)$ les titres du liquide et du solide à la température T. L'origine des titres coïncide avec le point singulier du solidus et du liquidus au voisinage duquel se fait l'étude du refroidissement (point d'eutexie dans le cas d'isodimorphisme; minimum dans le cas d'isomorphisme avec minimum; point de fusion du constituant qui fond le plus bas dans le cas d'isomorphisme sans minimum).

---

[1] Voir Portevin, *Traité de Chimie minérale* de Paul Pascal, **11**, p. 189.

Soient T_0 la température initiale, A_{10} et A_{20} les titres correspondants. Soit Θ la température du point singulier.

Soit $\bar{\alpha}$ le titre moyen du solide (solidus fictif). Soit x la masse de liquide, la masse totale étant prise pour unité.

Relations fondamentales. — On trouve aisément

$$\log x = \int_{T_0}^{T} \frac{A'_1\,dT}{A_2 - A_1},$$

$$\bar{\alpha} = \frac{A_{10} - A_1 x}{1 - x}.$$

Pour $T - T_0$ petit, on a

$$\bar{\alpha} = A_{20} + (T - T_0)\,\frac{A'_{20}}{2} + \ldots.$$

Le coefficient angulaire $dT/d\bar{\alpha}$ du solidus fictif est double de celui du solidus correspondant à l'équilibre thermodynamique (nous dirons du solidus *réel*).

Isodimorphisme avec eutectique. — Quelle que soit la température initiale, lorsque T tend vers Θ, l'intégrale reste finie : il reste une quantité non nulle de liquide de composition eutectique qui se prend en masse, à température constante; le palier eutectique expérimental est donc notablement élargi.

Isomorphisme sans minimum. — Le solidus fictif a une forme qui dépend du solidus réel et du liquidus. Une étude approchée peut être faite en remplaçant le solidus réel et le liquidus par leur tangente au voisinage de $T = \Theta$. Soit $\lambda = [A'_1/(A'_2 - A'_1)]_\Theta$. On a

$$\left(\frac{dT}{d\bar{\alpha}}\right)_\Theta = 0 \quad \text{pour } \lambda < 1, \qquad \left(\frac{dT}{d\bar{\alpha}}\right)_\Theta = \infty \quad \text{pour } \lambda > 1, \qquad \left(\frac{dT}{d\bar{\alpha}}\right)_\Theta = \left(\frac{2}{A'_2}\right)_\Theta \quad \text{pour } \lambda = 1.$$

Isomorphisme avec mnimum. — Il faut distinguer les cas suivants :

a. Les différences de température $T_1 - \Theta$ (liquidus) et $T_2 - \Theta$ (solidus) sont des infiniment petits du même ordre. La température Θ est atteinte lorsque disparaît la dernière goutte de liquide. Au voisinage de $T = \Theta$, on peut poser

$$T_1 - \Theta \cong \left(\frac{A}{m_1}\right)^{a_1} \qquad \text{(liquidus)},$$

$$T_2 - \Theta \cong \left(\frac{A}{m_2}\right)^{a_1} \qquad \text{(solidus)},$$

d'où

$$\log x \cong \frac{a_1 m_1}{m_2 - m_1} \log \frac{T - \Theta}{T_0 - \Theta},$$

en posant $a_1 m_1/(m_2 - m_1) = \lambda$, suivant que $\lambda < 1$, $\lambda > 1$, ou $\lambda = 1$, on a

$$\left(\frac{dT}{d\alpha}\right)_\Theta = 0, \quad \infty \quad \text{ou} \quad \frac{T_0 - \Theta}{A_{10}}.$$

b. Les différences de température $T_1 - \Theta$ et $T_2 - \Theta$ sont des infiniment petits comparables d'ordre différent. Lorsque la température Θ est atteinte il reste une quantité non nulle de liquide dont le titre est celui du minimum.

Le coefficient angulaire, $(dT/d\alpha)_\Theta$, égale zéro. Soit $r(T_0)$ la quantité de liquide restante à la température Θ; on a $(dr/dA_{10})_\Theta = \infty$.

c. Les différences de température $T_1 - \Theta$ et $T_2 - \Theta$ sont des infiniment petits non comparables. Lorsque la température Θ est atteinte, il reste une quantité non nulle de liquide.

Les résultats de ces deux derniers paragraphes confirment les résultats expérimentaux. Dans les mesures faites sur de petites quantités de matière, trop rapidement refroidies, on observe un affaissement du solidus au-dessous de sa forme réelle (d'ailleurs sans jamais descendre au-dessous de la température Θ, ce que les considérations théoriques confirment). Cet affaissement risque de faire prendre un cas d'isomorphisme avec minimum pour un cas d'isodimorphisme avec eutexie. La détermination de $r(T_0)$ en fonction de A_{10} permettrait de trancher la difficulté, car $(dr/dA_{10})_\Theta$ est infini dans le premier cas et fini dans le second.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effets thermiques produits au cours de l'adsorption d'acétone par les nitrocelluloses.* Note [1] M. **Édouard Calvet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

J'ai poursuivi l'étude calorimétrique de l'adsorption d'acétone par les nitrocelluloses qui a déjà fait l'objet d'une récente Note [2] de M. Henri Izac et de moi-même.

Nous avions trouvé que les quantités de chaleur dégagées sont proportionnelles aux masses d'acétone adsorbées. L'effet thermique est de 3900 cal-g par mol-g d'acétone adsorbée.

Nous avions dû arrêter nos expériences après l'adsorption de $3^{\text{mol}},27$ d'acétone par chaînon C^6 de nitrocellulose; l'adsorption étant devenue

(1) Séance du 16 juillet 1941.

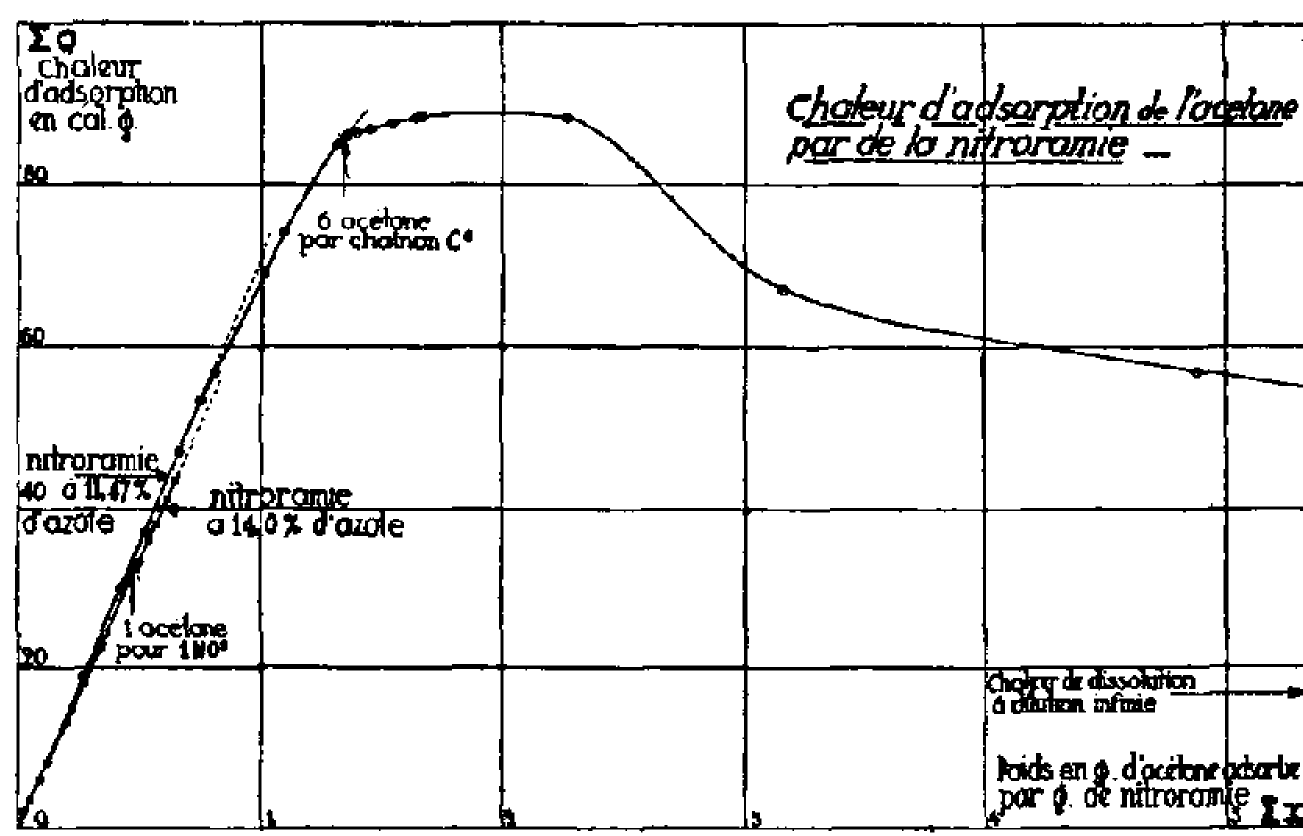
(2) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 542.

trop lente pour une évaluation convenable de la chaleur dégagée. La gélatinisation ne s'était pas encore produite à cet instant.

J'ai repris ces expériences avec de la nitroramie à 11,47 % d'azote et avec le même dispositif calorimétrique. J'ai pu cette fois tracer à peu près complètement la courbe qui donne les effets thermiques produits par l'adsorption de quantités croissantes d'acétone jusqu'à dissolution totale. La température au cours de ces expériences est restée égale à 16°,5.

On est parti de 374^{mg} de nitroramie maintenue dans le vide en présence de P^2O^5 jusqu'à poids constant et d'acétone pure bien desséchée. On a effectué une première série de 20 mesures représentant une durée totale d'adsorption de 900 heures. La gélatinisation a été obtenue dès la première mesure. Le phénomène d'adsorption relativement rapide au début (adsorption d'environ 10^{mg} d'acétone par heure et par gramme de nitroramie) devient ensuite de plus en plus lent. Il n'était que d'environ $0^{mg},5$ par heure et par gramme de nitroramie dans les dernières mesures. Après la vingtième mesure, la quantité totale d'acétone adsorbée était de $2^g,27$ par gramme de nitroramie. On a alors introduit dans le tube contenant le gel de nitrocellulose de l'acétone liquide par petites portions en évaluant chaque fois le phénomène thermique correspondant.

Le graphique ci-dessous donne les résultats de l'ensemble des mesures (³).



Étude de la courbe $\Sigma Q = f(\Sigma x)$. — Comme pour la nitroramie à 14 % d'azote, *la chaleur dégagée* ΣQ *cal-g est, au début, positive et elle est parfaitement proportionnelle à la quantité d'acétone adsorbée* $\Sigma x g$ *jusqu'à la fixation d'environ* 3^{mol} *d'acétone par chaînon* C^6. *Le quotient* $\Sigma Q/\Sigma x$ *est*

(³) Pour le détail de ces expériences, voir un Mémoire des *Annales de la Faculté des Sciences de Marseille* (sous presse).

égal à 70,5, très peu supérieur à celui qui avait été trouvé pour la nitroramie à 14,0 % d'azote.

La gélatinisation qui commence à se produire pour la fixation de 1^{mol} *d'acétone par chaînon* C^6 *ne produit donc aucune modification dans le phénomène thermique; de même le point correspondant à la fixation de* 1^{mol} *d'acétone par radical* NO^2 *ne présente aucune particularité.*

Puis l'effet thermique diminue très légèrement. La valeur de dQ/dx encore égale à 70,5 au point correspondant à la fixation de 3^{mol} d'acétone par chaînon C^6 devient égale à environ 50 un peu avant d'atteindre le point correspondant à 6^{mol} d'acétone par chaînon C^6. Pour ce point, on observe une *variation brusque de* dQ/dx : on passe de la valeur 50 à la valeur 8. Cette discontinuité est très remarquable et elle paraît être l'indice de la *formation d'un complexe nitrocellulose hexacétonique*.

On a ensuite affaire à *un maximum* de l'effet thermique atteint quand le poids d'acétone fixé est égal à deux fois environ celui de la nitroramie. *Ce maximum est de* $+88,4$ *cal/g de nitroramie. Il est environ cinq fois plus grand que la chaleur de dissolution totale de la nitroramie* que j'ai mesurée et trouvée égale à 17,5 cal ([3]). Cet effet thermique est relativement considérable. Il représente 22680 cal *pour un chaînon* C^6.

Si l'on prolonge l'adsorption ou si l'on ajoute au gel de l'acétone liquide, on observe un *refroidissement* intense (alors que la chaleur de dissolution est positive). La courbe $\Sigma Q = f(\Sigma x)$ est asymptotique à la droite $Q = 17,5$ cal (chaleur de dissolution totale).

Ces résultats sont en accord complet avec les conceptions que j'avais développées en 1938 sur le mécanisme de la dissolution à propos de l'adsorption des solvants par les corps solubles ([4]).

([3]) On comprend par ce résultat combien sont imprudentes les évaluations de MM. Kargin et Papkov (*Acta Physicochimica U. R. S. S.*, 3, 1935, p. 839), qui admettaient comme maximum de la chaleur dégagée par l'adsorption la chaleur totale de dissolution et qui en déduisaient la formule d'un composé défini nitrocellulose-acétone (1^{mol} d'acétone par NO^2). Leur conclusion ne peut être retenue.

([4]) E. Calvet, *J. Chim. Phys.*, 35, 1938, p. 69.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'hydrolyse de l'arséniate tricalcique.*
Note de M. **Henri Guérin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Divers auteurs ont conclu à l'hydrolyse de l'arséniate tricalcique : les uns à la température ordinaire (¹), les autres seulement à 90 (²) ou 100° (³).

Au cours de recherches sur le système As^2O^5—OCa—OH^2 entre 17 et 90° (⁴), j'ai montré que ce composé n'était hydrolysable qu'à partir de 60° : à 60 comme à 90°, l'arséniate tricalcique est en effet en équilibre avec des solutions caractérisées par un rapport moléculaire OCa/As^2O^5 toujours inférieur à 3. De plus les phases liquides en équilibre avec les mixtes arséniate tricalcique-arséniate tétracalcique variant entre certaines limites à 60 comme à 90°, j'ai été amené à considérer ces mixtes comme des solutions solides.

Or l'examen des spectres X des produits résultant de l'hydrolyse de l'arséniate tricalcique indique qu'il s'agit non de solutions solides, mais de mélanges d'arséniates tri- et tétracalciques. On pouvait dès lors supposer que la variation de la composition des solutions en équilibre avec ces mélanges à une même température était due à la présence des produits de l'attaque des récipients dans lesquels s'effectuaient les essais. Cette attaque se manifeste effectivement à 60 et 90° en milieu basique par la présence de silice dans les précipités (0,5 à 2 %) et dans les solutions (0,005 à 0,015 %).

En substituant aux flacons de verre pyrex employés une fiole en cuivre, on observe que les solutions en équilibre avec les mélanges arséniate tricalcique-arséniate tétracalcique sont caractérisées par des rapports OCa/As^2O^5, supérieur à 3 à 60°, très voisin de 3 à 90°, ce qui indiquerait que l'arséniate tricalcique n'est pas hydrolysable dans ces conditions. Ce fait a été confirmé en faisant agir dans la même fiole en cuivre et à 90° de l'eau distillée récemment bouillie sur l'arséniate tricalcique.

Nous donnons ci-dessous les compositions % respectives des produits résultant de l'action prolongée de l'eau distillée bouillie et renouvelée

---

(¹) J. H. Reedy et I. L. Haag, *Ind. Eng. Chem.*, 13, 1921, p. 1038.
(²) G. W. Pearce et L. B. Norton, *J. Amer. Chem. Soc.*, 58, 1936, p. 1104.
(³) H. V. Tartar, L. Wood et E. Hiner, *J. Amer. Chem. Soc.*, 46, 1924, p. 809.
(⁴) H. Guérin,, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1016, et 212, 1941, p. 544.

plusieurs fois sur l'arséniate tricalcique en opérant d'une part dans un flacon en verre pyrex (I), d'autre part dans une fiole en cuivre (II).

	OH^2.	As^2O^5.	OCa.	SiO^2.	Rapport OCa/As^2O^5.
(I)	6,0	52,7	41,9	1,4	3,25
(II)	8,1	53,0	38,5	0,0	2,97

En résumé, l'arséniate tricalcique n'est pas hydrolysable, même à 90°; la décomposition que l'on observe lors de l'agitation prolongée à cette température d'une suspension de ce sel dans les vases en verre est attribuable à l'intervention des alcalis libérés par attaque du verre. Cette observation a certainement une portée plus générale.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Réponse aux critiques de M. Jean Amiel au sujet de la cinétique d'oxydation des carbures éthyléniques.* Note (¹) de M. **Charles Paquot**, présentée par M. Marcel Delépine.

M. J. Amiel (²) a apporté des critiques à ma précédente Communication (³). Elles soulèvent des objections fondamentales :

1° Quand les courbes $p=f(t)$ relatives aux sept expériences citées sont tracées à une échelle normale permettant de faire des mesures, ces courbes n'ont aucune portion rectiligne, et l'on ne peut pas remplacer p par une fonction linéaire de t.

2° Les nombres déduits par M. Amiel des courbes du graphique et donnés avec trois chiffres significatifs supposent que ses mesures sont faites au dixième de millimètre. Ce qui explique que ses chiffres soient erronés. En outre je ne suis pas d'accord avec M. Amiel sur son calcul d'erreur. La définition mathématique de l'erreur est la suivante : l'erreur relative entre une grandeur α et sa mesure expérimentale β est le rapport $(\alpha-\beta)/\beta$. Une telle définition donne des chiffres nettement différents de ceux proposés par M. Amiel.

De plus un tel calcul d'erreurs est peu intéressant, car il est assez difficile

(¹) Séance du 30 mai 1941.
(²) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 956.
(³) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 554.

de déterminer avec précision sur la courbe $p=f(t)$ le point où la vitesse dp/dt est maximum.

3° Les résultats numériques des expériences citées, résultats qui n'ont pu être donnés que schématiquement sur les courbes prises par M. Amiel pour base de ses calculs, sont bien représentés par la formule tirée de la théorie de M. Dupont pendant la majeure partie de l'oxydation (de l'ordre de 80 % en durée). D'autre part la théorie est établie dans le cas où le produit final de l'oxydation AO est unique. Or j'ai montré ([4]) que le cyclohexène, par autooxydation non catalysée, donne la cyclohexénone et un peu de cyclohexénol. La présence du deuxième corps viendra perturber la marche de l'oxydation et l'on n'observera que le résultat des deux, ce qui justifie les légères divergences observées entre les expériences et la théorie appliquée à un seul produit de l'autooxydation.

4° Il est légitime de supposer que la formation des composés gazeux de l'oxydation est proportionnelle à celle du produit principal. En effet ceci, utilisé dans des calculs non cités, est certainement exact au moins avec une très bonne approximation, et a l'avantage de donner des calculs simples conduisant à des résultats positifs.

5° Je ne crois pas qu'il soit utile de faire intervenir la théorie des réactions en chaînes dans ces expériences pour les raisons suivantes :

a. Cette théorie s'applique à des milieux homogènes gazeux; j'opère en phase liquide.

b. Elle s'applique à haute température (plus de 300°); j'opère à 25°. En particulier les expériences de Bone, citées par M. Amiel n'ont rien de commun avec les miennes.

c. Elle s'applique à des réactions de combustion totale donnant comme produits d'oxydation CO et CO^2. J'opère avec un grand excès de carbure et le produit principal obtenu est la cétone ou l'alcool α-éthyléniques.

d. Elle s'applique à des réactions de courte durée, mes expériences durent de 200 à 2000 heures; ce qui laisserait supposer que certains des produits intermédiaires des chaînes auraient une durée de vie assez grande pour qu'on puisse les isoler. Ce qui n'a pas été fait si ce n'est dans de rares cas pour le peroxyde du carbure.

([4]) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 8, 1941.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Sur les propriétés optiques des cristaux de chlorhydrate de conicine*. Note [1] de M. **Jean Jaffray**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les cristaux de chlorhydrate de conicine ($C_8H_{17}N, ClH$) appartiennent au système orthorhombique. Les paramètres indiqués par Dufet [2] sont

$$a:b:c = 0,8664:1:0,4108.$$

Les faces les plus fréquentes et les mieux développées sont g_1, m, a_1, h_1.

La bissectrice de l'angle aigu des axes optiques est perpendiculaire à g_1. Des mesures anciennes [3] semblent indiquer que le cristal est uniaxe pour une certaine radiation λ_0 du spectre visible. Le plan des axes optiques serait $h_1(100)$ pour les radiations de longueur d'onde supérieure à λ_0 et $p(001)$ pour les radiations de longueur d'onde inférieure à λ_0.

J'ai étudié cette dispersion des axes optiques et aussi la dispersion de biréfringence des lames parallèles à g_1 qui l'accompagne.

L'angle extérieur des axes optiques 2E résulte surtout de nombreuses observations visuelles faites avec l'appareil classique de Soleil légèrement modifié. Ce dernier utilise soit les radiations provenant de sources monochromatiques (Li, Na, Tl), de l'arc au mercure filtré, soit d'étroites bandes du spectre isolées par un petit monochromateur simple.

La méthode des spectres cannelés, utilisée soit par observation directe, soit par photographie et appliquée à des lames parallèles à g_1, a donné simultanément la radiation d'uniaxie λ_0 et la valeur de la biréfringence pour différentes longueurs d'onde de l'ultraviolet, de la région visible et du très proche infrarouge.

Voici les résultats obtenus à une température voisine de 23° :

---

(1) Séance du 16 juillet 1941.

(2) *Recueil de données numériques* (*Optique*, 2, 1899, p. 666).

(3) Von Zépharovich, *Gr. Zeits.*, 6, 1882, p. 82.

λ.	2E.	Biréfringence d'une lame g_1.	Plan des axes optiques.
$0^{\mu},340$	–	0,00300	
380	–	203	
420	–	137	
460	67° 30′	093	
480	58 10	075	
500	50 10	058	
520	44	044	p
540	38 10	031	
560	31 50	022	
580	25 30	014	
600	16	006	
610	8 40	002	
616	0	0	uniaxe
620	10 30	0,00001	
640	21	008	
660	23 30	014	
680	25 30	020	
700	27 20	025	h_1
720	29	030	
740	30 30	034	
780	–	038	

Les cristaux de chlorhydrate de conicine sont donc uniaxes pour $\lambda_0 = 0^{\mu},616$ à la température ordinaire.

La courbe donnant 2E en fonction de λ, construite en comptant positivement 2E quand le plan des axes optiques est p et négativement quand ce plan est h_1, se compose de deux parties qui se raccordent au point d'abscisse λ_0, où la tangente aux deux courbes est verticale. Pour $\lambda < \lambda_0$, la courbe est d'abord concave vers les petites longueurs d'onde, puis la concavité change de sens pour $\lambda = 0^{\mu},480$ environ; la croissance de 2E devient alors très rapide et sa valeur dépasse 90° pour $\lambda = 0^{\mu},420$. Pour $\lambda > \lambda_0$, la courbe reste concave vers les grandes longueurs d'onde dans la limite de mes expériences.

La valeur de λ_0 mise à part, les phénomènes observés avec le chlorhydrate de conicine ressemblent tout à fait à ceux que présentent la goethite et la saccharine de Péligot.

COSMOGONIE. — *Sur l'édification des remparts des cirques lunaires et l'orogenèse terrestre.* Note de M. **Alexandre Dauvillier**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons montré ([1]) que l'on pouvait interpréter les grands traits du relief terrestre (fosses océaniques et méditerranéennes) en admettant que notre Globe était passé, durant son état d'incandescence, par un stade lunaire et nous avons essayé de rendre compte de la structure des cirques lunaires en faisant appel aux *intumescences* de P. Puiseux.

Celles-ci étaient attribuées à l'évolution chimique du magma durant son refroidissement lent, sous la première écorce vitreuse solidifiée. L'étude du rôle des gaz, dans la consolidation des magmas éruptifs, montre que l'atmosphère primitive des deux astres (hydrogène, azote et gaz rares) s'est, d'abord, partiellement dissoute, sous haute pression, dans le magma fondu, et que, lors du refroidissement et de la cristallisation partielle de celui-ci, elle s'est dégagée en émulsionnant le magma sous la croûte, augmentant localement son volume et soulevant l'écorce.

On peut ajouter que l'hydrogène occlus et les hydrures ont, au-dessous de 1300° C., réduit les oxydes du type Fe^2O^3 en produisant de la vapeur d'eau, engendrant, sur les sulfures, phosphures, siliciures, nitrures et carbures, toutes les réactions du volcanisme, si bien analysées par A. Gautier.

Des corps tels que BN, par exemple, ont complètement disparu en donnant naissance à des produits entièrement volatils, B^2O^3 et NH^3. Si nous considérons la réaction type



$$4H^2O + 3Fe = SFe^3O^4 + 3H^2S + H^2,$$

nous voyons que la perte en matières volatiles correspondant à la formation des mers lunaires et des fosses océaniques terrestres, représentant 10^{-3} du volume du globe, exigerait seulement la présence de 0,01 de FeS dans le Sial, condition largement satisfaite.

I. *Cirques lunaires.* — Mais, lorsqu'une calotte sphérique, appartenant à la croûte, d'abord soulevée, puis fracturée annulairement et radialement, s'affaisse ensuite sous le poids de l'exsudat solide ayant accompagné le

---

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 452; *Astronomie*, 52, 1938, pp. 539-541.

dégagement gazeux, elle prend sa place et s'enfonce dans l'écorce d'une quantité correspondant à la perte subie en matières volatiles. Elle se comporte ainsi comme un piston conique (le rayon de courbure, quoique grand, n'étant jamais infini) refoulant latéralement la matière de l'écorce par compression horizontale.

Supposons un astre de rayon R dont l'écorce a une épaisseur E. Soient r le rayon de la calotte sphérique intéressée, ω le demi-angle sous lequel elle est vue du centre et δ son enfoncement. On calcule aisément que le volume refoulé se compose d'un premier élément v_1, égal à la différence des volumes d'un cylindre et d'un tronc de cône, et d'un second volume partiel v_2, égal à la différence de deux troncs de cône. On a

$$v_1 = \frac{\pi}{3}\delta^2(3R-\delta)\tang^2\omega \qquad \text{et} \qquad v_2 = \frac{\pi}{3}\delta(E-\delta)(6R-3E)\tang^2\omega.$$

En première approximation, on peut donner au volume annulaire refoulé une section triangulaire, telle que la hauteur h soit la moitié de la base (les pentes des remparts atteignent 50°). Admettant une écorce E de 60^{km} d'épaisseur et un enfoncement δ de 5^{km} (profondeur moyenne des cirques lunaires) nous trouvons, avec $r = 5^{km}$, une altitude h de $0^{km},9$ et pour $r = 50^{km}$, une altitude de $2^{km},84$. L'ordre de grandeur est vérifié. L'altitude est proportionnelle à $\sqrt{r}$. Le volume du rempart n'est qu'une faible fonction (0,06) du volume de la fosse.

Le même mécanisme s'applique aux craterlets, de diamètre décroissant ayant pris naissance dans les mers et les grands cirques vers la fin de l'évolution chimique du magma. La croûte soulevée n'est plus ici l'écorce de Sial, mais la surface déjà solidifiée de l'épanchement basaltique. Avec une épaisseur solide de 3^{km}, un enfoncement de 600^{m} et une calotte de 500^{m} de rayon, on trouve un rempart de 21^{m} de hauteur.

L'orogenèse terrestre. — Le relief lunaire est *fossile* et n'a pu se dessiner qu'une seule fois, mais, sur la Terre, le même phénomène d'enfoncement des socles sous-océaniques ou méditerranéens peut se poursuivre à la faveur du volcanisme, entretenu grâce à la pénétration de l'eau par les fractures de la croûte. Nous avons précisé, dans une récente Note (²), l'énergétique du volcanisme et calculé un exsudat solide annuel, d'au plus 100^{km^3}, qui chargera ces socles, en donnant naissance à des îles, comme l'Islande, ou des sillons, comme le seuil Atlantique. Les socles

(²) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1156.

sous-océaniques s'enfoncent ainsi lentement, en produisant, par compression latérale des socles continentaux adjacents, des chaînes bordières circum-océaniques. Si nous remplaçons, dans les équations précédentes, E par $E-p$, p étant la profondeur des océans, nous pouvons calculer l'altitude maxima originelle h des chaînes cotières en fonction de r et de l'enfoncement δ. On trouve ainsi, avec $E=60^{km}$, $p=4^{km},5$, $\delta=5^{km}$, enfoncement produit au bout de 40.10^6 années, les valeurs suivantes :

Rayons des fosses (r km).	Aire (km^2).	Exsudat (km^3).	Exsudat (km^3/an).	Volume plissé (km^3).	h (km).	Altitude s/mer ($+0^{km},8$).
50......	7850	39250	10^{-3}	624	1,41.	2,21
500......	785000	$3,9.10^6$	0,1	62460	4,47	5,27
5000......	$78,5.10^6$	392.10^6	10	$6,2.10^6$	14,14	14,94

Le premier exemple correspond au fossé rhénan plissant les Vosges, le second donne le volume des Alpes, refoulées par les fosses méditerranéennes, et le troisième représente le Pacifique édifiant les Andes. Le volume des fosses ne change pas sensiblement, mais il s'y crée des zones d'effondrement prédites par Suess. Les séismes se produisent lorsque la limite élastique est dépassée et que les socles jouent. Leur énergie et celle de l'orogenèse sont empruntées à la gravité. Elle a sa source originelle dans le volcanisme. Le système tend vers l'isostasie sans jamais l'atteindre.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Lumière diffusée en arrière par une goutte de brouillard.* Note de M. **Jean Bricard**, présentée par M. Charles Maurain.

Ce travail, effectué au sommet du Puy de Dôme, fait suite à une étude déjà exposée, qui consistait à déterminer la répartition de la lumière diffusée par une goutte d'eau sous des angles compris entre 40 et 140°, avec la direction du faisceau parallèle éclairant celle-ci (1); l'appareillage utilisé est celui qui a servi pour l'étude des arcs-en-ciel et anticouronnes, et se compose d'un projecteur de rayon $R=20^{cm}$ muni d'une lampe pointolite de 1000 bougies et d'un appareil photographique de petites dimensions, le tout se trouvant dans le nuage à étudier. L'appareil est muni d'un filtre rouge dont le maximum de transmission, avec les films employés, correspond à $0^{\mu},64$ environ. Les photographies sont prises de nuit.

(1) *Ann. de Phys.*, 11e série, **14**, 1940, p. 187.

L'éclairement E(α) d'un point A du plan focal de l'appareil photographique, se rapportant à une inclinaison α sur la direction inverse de propagation du faisceau, des rayons diffusés en arrière par le brouillard (*fig.* 1), est proportionnel à la quantité

$$(1)\qquad K(\alpha)\,I(\alpha)\,\frac{\cos\alpha}{1+\cos\alpha}\left[1-e^{-kR\frac{1+\cos\alpha}{\sin\alpha}}\right];$$

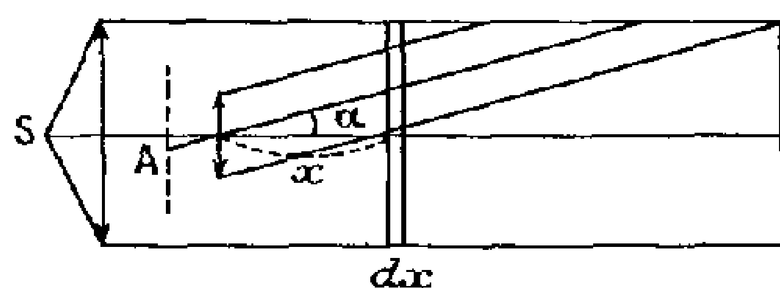


Fig. 1.

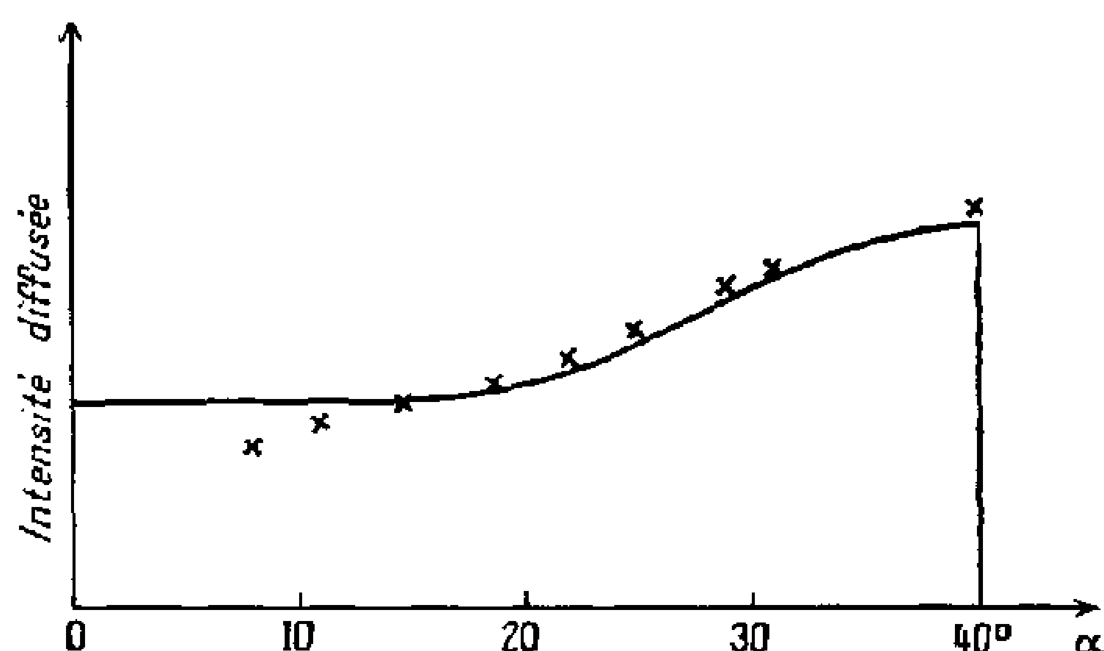


Fig. 2

I(α), intensité lumineuse diffusée par une goutte dans la direction considérée; k, coefficient d'absorption du brouillard (on suppose que l'absorption se fait suivant une fonction exponentielle de l'épaisseur traversée); $k(\alpha)$, coefficient de transmission de l'objectif photographique, déterminé expérimentalement.

Cette expression, d'après une approximation faite par Trabert (²), peut prendre la forme

$$(2)\qquad E(\alpha)=M\,\frac{k(\alpha)\,I(\alpha)}{\tan g\,\alpha},$$

M représentant une quantité indépendante de α, d'où l'on déduit I(α); elle n'est pas applicable au voisinage de la direction inverse de propagation du faisceau. E(α) est déterminé en valeurs relatives par la méthode photographique : on fait l'image d'un coin photographique sur le film utilisé, et on passe les clichés obtenus au microphotomètre suivant un diamètre des arcs-en-ciel, ainsi que le coin lui-même.

Résultats. — On sait que l'enregistrement de ces clichés présente des maxima et minima correspondant aux arcs-en-ciel et anticouronnes qui se superposent à une courbe de diffusion continue, dont l'intensité est grande par rapport à celle de ces variations. Nous avons utilisé les valeurs de

(²) *Meteor. Zeits.*, 18, 1901, p. 552.

l'éclairement correspondant aux minima; afin d'obtenir des grandeurs comparables entre elles, nous avons pris pour unité celles qui se rapportent à $\alpha = 8^\circ$.

Nous avons pris une dizaine de clichés, correspondant à des valeurs du rayon moyen des gouttelettes comprises entre 5^μ et 10^μ, et avons constaté qu'en valeurs relatives la répartition de la lumière diffusée par celles-ci ne semble pas dépendre sensiblement de leurs dimensions; l'exemple suivant montre quelle est cette répartition.

Rayon moyen 8,3.

α.........	8°.	11°.	15°.	18°.	22°.	31°.	40°.
I(α).......	1,0	1,2	1,4	1,5	1,6	2,2	2,7

Ces valeurs ne sont d'ailleurs pas très certaines, étant donné les conditions dans lesquelles on est obligé d'opérer. Il en résulte que l'intensité lumineuse d'une goutte de brouillard, vue sous des angles compris entre 8° et 40° avec la direction inverse de propagation du faisceau, augmente à mesure que l'on s'éloigne de cette direction.

En complétant le calcul de l'intensité lumineuse diffusée par une goutte d'eau fait par Sokulejkin ([3]), à partir des lois de la réflexion et de la réfraction (on suppose que le rayon de celle-ci est grand par rapport à la longueur d'onde de la lumière), et, en tenant compte de la lumière réfléchie une fois à l'intérieur de la goutte, on obtient, en fonction de l'angle α, une distribution donnée par la figure 2; les points marqués représentent les nombres écrits ci-dessus. Nous savons que les gouttes qui constituent un nuage n'ont pas toutes les mêmes dimensions : les points que nous avons pris sur les enregistrements ne correspondent pas à une intensité diffractée réellement nulle; cependant, sauf au voisinage de la direction inverse de propagation du faisceau, il semble que la courbe 2 représente les phénomènes observés en lumière naturelle de façon satisfaisante, bien que, pour la construire, on n'ait pas tenu compte des phénomènes de diffraction. D'ailleurs le calcul précédent ne permet pas d'interpréter les phénomènes déjà exposés [*loc. cit.* ([1]) (p. 217)] et qui se produisent en lumière polarisée.

Nous nous proposons de compléter ce travail en comparant les valeurs

([3]) *Phil. Mag.*, 6e série, 48, 1924, p. 307.

de l'intensité lumineuse diffusée par de telles gouttes d'eau au voisinage de la direction de propagation du faisceau éclairant, et dans la direction inverse.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur l'origine des évanouissements brusques.* Note de MM. **Raymond Jouaust** et **Étienne Vassy**, transmise par M. Charles Fabry.

Il ne semble plus douteux aujourd'hui que les évanouissements brusques des ondes courtes radioélectriques sont provoqués par un rayonnement de courte longueur d'onde émis au cours des éruptions chromosphériques. Il s'agit d'en déterminer le mécanisme.

On admet d'autre part que l'évanouissement est dû à une augmentation de l'ionisation dans la région située à 80^{km} d'altitude, région qui se comporte comme un miroir pour les ondes longues et qu'on appelle la région D.

Le spectre de la lumière émise par les éruptions est un spectre de raies, presque dépourvu de fond continu, où l'on a observé les raies dues aux atomes d'hydrogène, d'hélium, de sodium, de magnésium et de calcium ionisé. On est donc en droit de supposer qu'il y a également émission de certaines raies des mêmes éléments dans l'ultraviolet, leur observation étant empêchée au-dessous de 3000 Å environ par l'absorption atmosphérique.

Les hypothèses mises en avant pour expliquer un accroissement d'ionisation dû aux éruptions, à l'altitude de 80^{km}, sont les suivantes :

1° Martyn et ses collaborateurs ([1]) admettent que la raie L_α (1215,6 Å) de l'hydrogène pourrait amener l'oxygène atomique se trouvant dans l'état métastable ${}^1S_0$ au niveau ${}^1P_1$; ensuite un choc de seconde espèce ramènerait cet atome au niveau ${}^4S$ en libérant un électron. Ceci suppose, bien entendu, que la radiation 1215,6 Å peut pénétrer jusqu'à une altitude de 80^{km}.

2° Wulf et Deming ([2]) suggèrent que l'ozone pouvant exister en très faible proportion vers 80^{km} pourrait être ionisé par le rayonnement ultraviolet émis au cours des éruptions. Malheureusement, on ne connaît pas la longueur d'onde du rayonnement nécessaire et l'on ne peut donc vérifier la validité de cette hypothèse, car le potentiel d'ionisation de l'ozone n'a pas encore été déterminé.

([1]) Martyn, Munro, Higgs et Williams, *Nature*, **140**, 1937, p. 603.

([2]) *Terr. Magn.*, **41**, 1936, p. 299.

Afin d'examiner le problème dans son ensemble, nous avons calculé pour les longueurs d'onde comprises entre 380 et 3000 Å à quelle altitude un rayonnement extra-terrestre est affaibli dans le rapport de 1 à 10 et de 1 à 100, de façon à préciser la limite de pénétration du rayonnement des éruptions en fonction de la longueur d'onde. Pour cela, nous nous sommes basés sur les coefficients d'absorption déterminés pour l'air par Mme Vassy [3] de 3000 à 1900 Å, par Ladenburg et Van Voorhis [4] pour l'oxygène entre 1750 et 1300 Å, et par Schneider [5] pour l'air entre 1600 et 380 Å. Nous avons également tenu compte, après étude critique, des résultats de Williams [6] et de Preston [7].

D'autre part, nous avons supposé l'air distribué en fonction de l'altitude suivant la loi de Laplace sans tenir compte de la variation de la température, puis suivant la loi de Laplace en tenant compte de la température et de la présence d'oxygène atomique utilisant les données groupées à ce sujet par Penndorf [8].

Les résultats ont montré que le rayonnement susceptible de pénétrer jusqu'à une altitude de 80km devait avoir une longueur d'onde supérieure à 1750 Å.

Ceci conduit à renoncer à l'hypothèse d'une action de la raie L_α; nous allons maintenant en proposer une autre.

On a décelé spectroscopiquement dans l'atmosphère la présence de sodium, probablement d'origine météorique. Bernard [9] a donné pour altitude de la couche luminescente 60km, Cabannes, Dufay et Gauzit [10] 130km. Mais Vegard [11] a montré que ces résultats ne sont pas contradictoires, le premier étant obtenu à partir du ciel crépusculaire, le second à partir du ciel nocturne. L'ionisation à une altitude de 80km des atomes de sodium pourrait donc être provoquée par le rayonnement ultraviolet des éruptions car le potentiel d'ionisation du sodium est tel que seul est efficace le rayonnement de longueur d'onde inférieure à 2412 Å. Or on doit s'attendre

(3) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 439.
(4) *Phys. Rev.*, 43, 1933, p. 315.
(5) *J. Opt. Soc. Amer.*, 30, 1940, p. 128.
(6) *Nature*, 145, 1941, p. 68.
(7) *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 887.
(8) *Meteorol. Zeits.*, 58, 1941, p. 1.
(9) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 448 et 928.
(10) *Astrop. Journ.*, 88, 1938, p. 171.
(11) *Nature*, 145, 1940, p. 623.

à trouver dans le spectre des éruptions, entre autres, deux raies assez intenses pouvant être rendues responsables de l'ionisation du sodium. Elles sont dues à Ca II, l'une est à 1840, l'autre à 1838 Å. On doit également s'attendre à trouver les raies ultraviolettes du sodium, et du magnésium ([12]).

Enfin il n'est pas impossible d'envisager que des atomes d'autres éléments présents également dans les météorites soient ionisés.

Ajoutons, pour donner une idée de l'importance de la quantité de matière apportée par les météorites, que celle-ci est de 4^g au kilomètre carré pour une année, ce qui correspond pour le sodium à environ $2,5 . 10^3$ atomes de sodium par seconde et par centimètre carré ([10]).

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Champ électrique terrestre et pression atmosphérique*. Note de M. **Robert Guizonnier**, présentée par M. Charles Maurain.

Un parallélisme a déjà été mis en évidence entre les fluctuations de l'amplitude de la composante diurne du champ électrique terrestre et celle de la pression atmosphérique moyenne ([1]) ([2]). Ce résultat conduit à penser qu'il existe peut-être une similitude entre les variations du champ électrique terrestre moyen et celles de la pression atmosphérique moyenne.

La recherche de cette similitude possible a été poursuivie à l'aide des valeurs du champ électrique relevées au Val-Joyeux, et de celles de la pression atmosphérique enregistrées par l'Observatoire du Parc Saint-Maur, de 1927 à 1931 inclus. Il a été utilisé les périodes de beau temps et aussi les périodes de temps plutôt médiocre, durant lesquelles la pluie ou la neige sont tombées, parfois assez souvent, mais sans abondance ni trop longuement.

Sur les 895 jours ainsi utilisés, constituant 38 groupes de jours consécutifs, 502, répartis en 30 groupes ont mis en évidence un parallélisme entre les variations du champ électrique terrestre moyen et celles de la

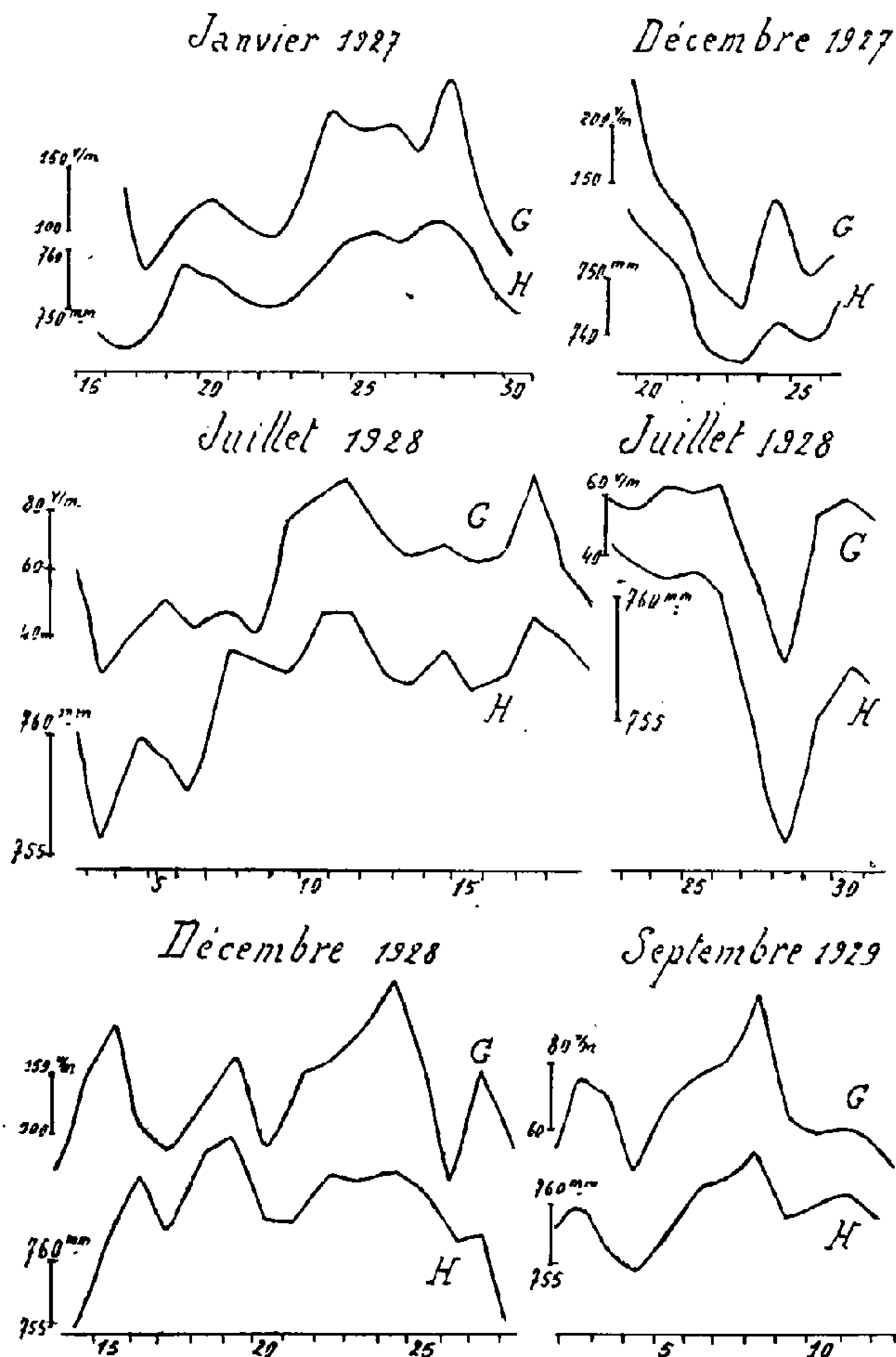
---

([12]) L. d'Azambuja, *Journ. de Physique*, 10, 1939, p. 274.

([1]) *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 265.

([2]) *Composante diurne et composante semi-diurne du champ électrique terrestre* (*Thèse*, Paris, 1937, p. 51 à 64).

pression atmosphérique moyenne. La seule combinaison d'analyse (³) destinée à éliminer les irrégularités a été la combinaison s_1 ; elle n'a été



utilisée qu'en 12 cas, tandis que la recherche du parallélisme entre les fluctuations de l'amplitude du champ électrique terrestre et celles de la

(³) Méthode d'analyse de M. H. Labrouste (*Annales de l'Institut de Physique du Globe*, 7, 1929, p. 190 et suivantes; 11, 1933, p. 93 et suivantes); résumé de la méthode en ce qui concerne les recherches sur le champ électrique, *op. cit.* (²), p. 15 à 28.

pression atmosphérique moyenne avait nécessité des combinaisons plus nombreuses. Les courbes ci-contre sont parmi les meilleures : les graphiques G concernent le gradient de potentiel électrique terrestre ou champ électrique terrestre, les graphiques H ont trait à la pression atmosphérique moyenne.

Le rapport $\beta = \Delta E/\Delta H$ de l'accroissement du champ électrique moyen à l'accroissement correspondant de la pression atmosphérique moyenne, si l'on excepte le mois de mars 1929 durant lequel β a des valeurs anormalement élevées, admet pour valeurs moyennes 6,5 volt-m/mm; si, sauf mars 1929, l'on ne considère que les 16 périodes de meilleur temps, les valeurs de β vont de 5 à 8,6 volt-m/mm et donnent 6,6 volt-m/mm pour valeur moyenne. Il est intéressant de remarquer que le rapport $\alpha = \Delta A/\Delta H$ de l'accroissement de l'amplitude de la composante diurne du champ électrique à l'accroissement de pression moyenne correspondant, avait été trouvé égal à 6,4 volt-m/mm dans l'étude des variations jour par jour, à 6,1 volt-m/mm dans l'étude des variations annuelles [*op. cit.* (2), p. 59]. Il est à remarquer aussi que c'est durant le printemps et l'été que les fluctuations respectives du champ électrique et de la pression atmosphérique moyenne sont les moins importantes.

L'étude de la composante diurne et de la composante semi-diurne avait fait conclure [*op. cit.* (2), p. 104, § 92] que la valeur des charges spatiales joue un rôle fondamental dans la formation du champ électrique mesuré à la surface de la terre. Les résultats exposés ici mettant en évidence un parallélisme entre les fluctuations du champ électrique moyen et celles de la pression atmosphérique moyenne, confirment évidemment cette conclusion.

PALÉOBOTANIQUE. — *Anatomie comparée des Ptéridospermes et des Filicales primitives.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le *Tetrastichia bupatides* est une Ptéridosperme du Carbonifère inférieur, qui a été décrite et figurée par W. T. Gordon (*Trans. R. Soc. Edinburgh*, 59, 1938). Elle est très voisine des *Calamopitys*, des *Heterangium* et des *Lyginopteris* : même structure de la méristèle pétiolaire, même structure des tissus corticaux (structure *Sparganum*). L'intérêt du *Tetra-*

stichia réside dans ce fait que, des quatre genres en question, c'est lui qui offre le maximum de caractères anatomiques communs avec les Filicales primitives. Sa tige présente une ressemblance frappante avec les stipes d'*Asterochlæna laxa* (P. Bertrand, 1912) et d'*Asteropteris noveboracensis* (P. B., 1933).

La stèle du *Tetrastichia* a la forme d'une croix constituée par quatre protostèles avec bois compact. Dans chaque protostèle le pôle Δ est exactement central, mais les premières trachées sont accompagnées de quelques éléments parenchymateux, à parois minces, plus ou moins étirées, comme on peut le voir sur la figure 3 plus grossie. Le plus souvent, ces éléments ont été détruits avant la fossilisation, d'où l'aspect tubulaire des régions polaires.

Chaque trace foliaire est émise radialement sous forme d'une protostèle. Le pôle x 1, d'abord central, se divise en deux pôles, x 2, qui se rapprochent des bords latéraux de la trace (états 1, 2, 3 et 4). Par une nouvelle division des pôles, la structure quadri-fasciculée, caractéristique des traces foliaires de *Calamopitys* est réalisée (x 4, x 4, états 5 et 6 de la trace foliaire).

De cette analyse on déduit que la stèle caulinaire et la stèle pétiolaire de *Tetrastichia* ont toutes les deux pour origine : une protostèle à pôle central qui se divise en deux, puis en quatre, suivant deux plans rectangulaires. Toutefois la seconde a perdu la symétrie radiaire et adopté la symétrie bilatérale.

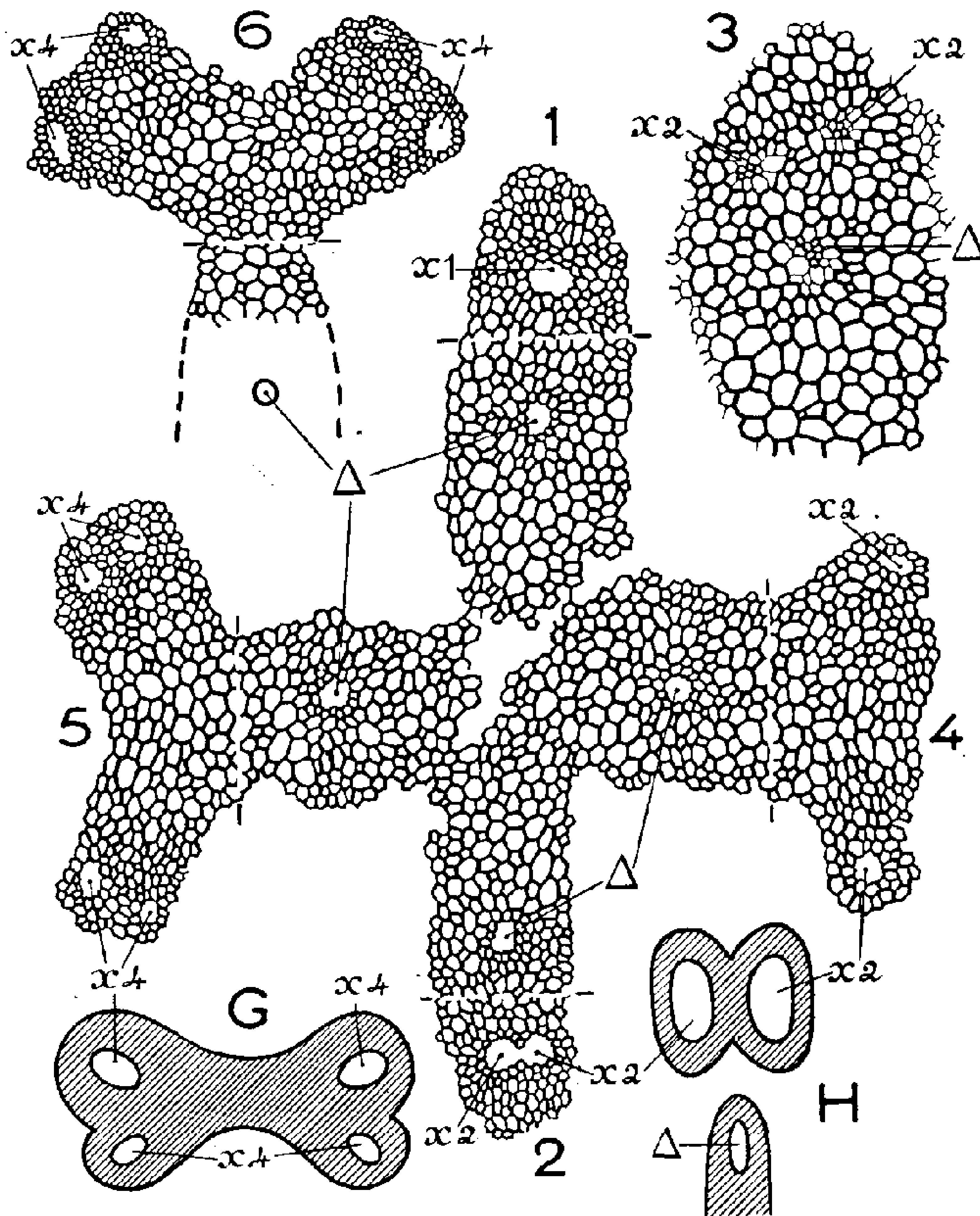
Remarque. — On passe directement de la structure centrique à la structure excentrique chez *Tetrastichia* comme chez *Asteroxydon*. Par suite : les structures pseudoalternes et pseudoexcentriques définies par E. Boureau (²) ont tout au plus la valeur d'hypothèses auxiliaires destinées à soutenir une théorie qui s'effondre.

Chez *Asteropteris* (*fig.* H et G) la trace raméale destinée au phyllophore est émise sous forme d'un tube qui se pince longitudinalement en son milieu. Les deux tubes, x 2, ainsi produits, se divisent à leur tour, d'où quatre tubes, x 4, x 4, qui demeurent unis par le bois primaire centripète développé entre eux. Le phyllophore d'*Asteropteris* a donc la même structure que les pétioles de *Calamopitys* et de *Tetrastichia*. Il conserve

---

(²) *Comptes rendus*, **212**, 1941, pp. 450 et 765.

cependant les caractères d'un stipe, bien que la symétrie bilatérale et la différenciation bifaciale soient déjà nettement indiquées.



Tetrastichia bupatides, dessiné d'après les phototypies originales de W. T. Gordon (*fig.* 1 à 6). — Δ, pôle central de chacune des 4 protostèles. — x_1, pôle central de la trace foliaire sortante. — 1 à 6, traces foliaires coupées à des niveaux de plus en plus élevés.

Asteropteris noveboracensis (*fig.* H et G). — Δ, extrémité de la lame ligneuse d'où s'est détachée la trace raméale destinée au phyllophore.

Les parties souterraines du *Tetrastichia* sont inconnues, mais il y a tout lieu de supposer que l'embryon en germant donnait naissance à un rhizome horizontal semblable à celui des *Botryopteris*, c'est-à-dire pourvu d'une seule protostèle avec pôle central et liber concentrique au bois.

MYCOLOGIE. — *Les* Termitomyces *dans leurs rapports avec les Termites prétendus champignonnistes.* Note de M. **Roger Heim**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons montré (¹) que les Agarics liés aux meules souterraines qu'édifient dans leurs nids les *Termitinæ*, et dont nous avons expérimentalement reproduit une partie du cycle à partir des cellules des mycotêtes cavernicoles, ne pouvaient être rattachés à l'un des douze genres d'Agaricacés dans lesquels les auteurs les avaient successivement inclus, mais qu'ils caractérisaient une coupure générique parfaitement définie que nous avons appelée *Termitomyces*. Nous sont apparus des *Termitomyces* tous les Agarics naissant d'un primordium localisé sur la meule, dans le nid, en atmosphère carbonique, d'où émane une longue pseudorhize hypogée qui perfore le ciment de la termitière, et dont la terminaison apicale deviendra le réceptacle basidiosporifère épigé muni en son sommet d'un mucron en forme de perforatorium.

A côté de ces *Termitomyces*, venant toujours sur meules souterraines de termites, nous avons, depuis, étudié un autre Agaric, l'*Entoloma microcarpum* Berk., placé par Patouillard dans les *Mycena*, qui croît toujours sur le sol, mais au voisinage des termitières, à partir d'un gâteau mycotique fait de filaments mycéliens mêlés de primordia soudés entre eux. Bottomley et Fuller ont établi qu'il existait une connexion entre cet Agaric et des termites : ceux-ci retirent de leurs nids des débris de meules finement triturées, qu'ils répandent en un revêtement sur lequel apparaissent les primordia globuleux, puis, à partir de ceux-ci, les Agarics fructifiés. Ainsi les termites expulsent hors des chambres les très jeunes mycotêtes au moment où la poussée de celles-ci et l'annonce de la fructification peuvent être une cause d'appréhension pour l'insecte.

Ayant retrouvé en Guinée et reçu du Cameroun, de M. H. Jacques-Félix, cette espèce, nous avons précisé ses caractères anatomiques et embryologiques qui nous conduisent à réviser sa position taxonomique.

La structure des primordia naissants encore indifférenciés organiquement, bien moins régulière que celle des mycotêtes des espèces souterraines, et non levuroïde, offre cependant des éléments globuleux, équi-

(¹) Roger Heim, *Mémoires Acad. des Sc. Inst. de France*, 64, 1940 (1941), 74 p., 10 pl. hors-texte.

valents aux sphérocystes. Malgré l'absence de voile général, et de voile partiel ou marginal, donc d'anneau ou collerette, malgré la similitude d'aspect avec les jeunes états des *Mycena* de la section des *Basipedes*, le Champignon est encore angiocarpe, comme les *Termitomyces* émanant des meules. Certes, l'origine hyménienne est bien moins profonde, la différenciation du stipe et des lamelles relativement précoce (déjà sur des primordia de 300$^{\mu}$ de diamètre) à l'intérieur de la coque primordiale dont la partie piléique se sépare du rebord de la base volviforme, survivance de la mycotête. Mais il n'en reste pas moins que les caractères essentiels de cette espèce mineure l'apparentent intimement aux grands *Termitomyces* (majeurs) liés aux meules. En considérant l'ensemble des *Termitomyces* et en y joignant le *microcarpum*, on peut établir en effet entre les caractères le partage suivant :

1° certains, fondamentaux, d'ordre qualitatif, générique, sont communs à toutes ces espèces, majeures et mineure : configuration et couleur des spores, présence et forme des cystides, structure générale, nature de la trame des lamelles, teneur en mannitol;

2° d'autres, d'ordre quantitatif, sont communs à quelques espèces majeures seulement et au *microcarpum :* absence de voile partiel, variations du mamelon parfois à peine esquissé, et de la structure de la cuticule, cystides relictuelles, présence d'oxydases sensibles au pyramidon ;

3° d'autres particularités, enfin, d'ordre adaptatif, n'appartiennent qu'au *microcarpum*; on peut les juger sous la dépendance du mode de vie presque exclusivement épigé et aérobie de cette espèce : absence de voile général, par suite angiocarpie moins profonde, structure inordonnée des mycotêtes, taille réduite des carpophores, absence de pseudorhize.

Nous conclurons que le *microcarpum*, dont la position parmi Entolomes et Mycènes ne peut plus être défendue, est un *Termitomyces* qu'on peut opposer, dans une section des *Prætermitomyces*, aux autres Agarics des meules ou *Eutermitomyces*.

L'existence du *T. microcarpus* confirme donc indirectement la thèse que nous défendons, après J. Bathellier et P. Grassé, sur les liens entre termites et *Termitomyces*. Aucune observation précise n'autorise à supposer que, dans la chambre du nid, les *Termitinæ* en général utilisent habituellement, à des fins alimentaires, les mycotêtes, ni qu'ils réalisent volontairement une culture pure, comme la plupart des auteurs l'ont prétendu. Les *Termitomyces* sont adaptés à un milieu ligneux d'une certaine nature, puisqu'il résulte de la mastication réalisée par les termites.

Leur stade cavernicole, que nous avons identifié à une forme-levure, croît dans des conditions d'obscurité, d'anaérobiose et d'humidité intense favorables à l'apparition des blastospores, mais contraires à la fructification. Le cycle du champignon peut se renouer à partir des basidiospores formées à la lumière, ainsi qu'il résulte d'une de nos expériences. Dans certains cas (Madagascar), la forme épigée agaricacée semble n'avoir pu persister, et le champignon s'est alors réduit définitivement à sa forme souterraine (*Aegerita*) qui ne se reproduirait donc qu'à partir des blastospores, de même que nous le maintenons sur les milieux riches en glucides sous ce seul état conidifère. Le cycle des *Termitomyces* se prolonge et se renoue hors de l'intervention volontaire de l'insecte, par contamination, non par culture. Les termites tolèrent en général ces commensaux. Mais, si la croissance du champignon les gêne, ils interviennent, soit probablement en emmagasinant les mycotêtes dans des chambres, soit, c'est le cas du *T. microcarpus*, en expulsant mycélium et jeunes primordia hors de la termitière avant qu'ils aient pu étendre leur invasion.

Le cas que nous apporte le *microcarpus*, Agaric semi-termitophile, cependant indubitablement lié génériquement aux autres *Termitomyces*, s'inscrit donc comme nouvel argument en faveur de la théorie qui, à notre sens, doit remplacer le point de vue finaliste généralement admis.

PARASITOLOGIE. — *Sur l'emploi des Hyphomycètes prédateurs dans la prophylaxie des infestations à Nématodes des végétaux.* Note (¹) de M. **Robert Deschiens**, présentée par M. Émile Roubaud.

Nous avons établi (²) que des Hyphomycètes prédateurs de Nématodes libres du sol, Hyphomycètes appartenant aux genres *Dactylaria*, *Dactylella* et *Arthrobotrys*, étaient capables de détruire les larves infectieuses de nombreux Nématodes du sous-ordre des *Strongylidea* et des *Rhabditoidea*, parasites de l'Homme et des Animaux domestiques. Le cycle évolutif de ces agents pathogènes comporte une période larvaire libre, et ce cycle peut être rompu, dans la nature, par la capture et la destruction des larves infectieuses libres, par les Champignons prédateurs microscopiques, sur les surfaces contaminées.

L'ensemble des observations que nous avons recueillies et l'efficacité d'essais pratiques réalisés dans des conditions naturelles nous ont fait

(¹) Séance du 16 juillet 1941.

(²) E. Roubaud et R. Deschiens, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 245.

poser le problème général de la prophylaxie des infestations à Nématodes parasites, présentant une période larvaire libre, par une méthode biologique antilarvaire utilisant des Hyphomycètes appropriés ([3]).

Nos recherches se sont étendues aux anguilluloses des végétaux, provoquées par des Nématodes parasites ou semiparasites du sous-ordre des *Rhabditoidea*.

On sait que le rôle d'ennemi naturel rempli par des bactéries et par certains Champignons microscopiques vis-à-vis de Nématodes du sol a été noté par quelques observateurs. W. Zopf ([4]) en 1888 a montré qu'*Anguillulina tritici* (Steinbuch, 1799), Gervais et Van Beneden, 1859, Nématode parasite du blé pouvait être détruit sur les épis, par *Arthrobotrys oligospora*; W. Baunacke ([5]), en 1922, et S. Korab ont vu que ce Champignon se rencontrait, dans 80 % des cas, dans les lésions de l'anguillulose de la Betterave à *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871; T. Goodey, en 1938 ([6]), a constaté la capture d'*Anguillulina dipsaci* (Kuhn, 1858), Gervais et Van Beneden, 1859, par *Arthrobotrys oligospora* dans des lésions de la tige d'une calcéolaire. Cependant ces constatations n'ont pas été l'objet de développements et de recherches, dans le sens de la prophylaxie des anguilluloses des plantes et d'une application à l'économie rurale.

Nous avons établi ou contrôlé que les *Rhabditoïdea* des genres *Anguillulina*, *Heterodera*, *Aphelenchoïdes*, *Aphelenchus* étaient sensibles à l'action des Hyphomycètes prédateurs suivants : *Arthrobotrys oligospora* Fresenius, 1850, *Dactylella bembicodes* Grove, *Dactylella ellipsospora* Grove. Nos recherches ont particulièrement porté sur un Hétérodère pathogène très ubiquiste et à ce titre redoutable pour l'agriculture *Heterodera marioni* (Cornu, 1879) Goodey, 1932.

Ce parasite peut infester les racines d'environ 600 espèces différentes de plantes cultivées ou sauvages, indigènes ou exotiques, dont beaucoup présentent une importance économique majeure. Le Blé, l'Orge, l'Avoine, le Maïs, la Pomme de terre, le Tabac, l'Arbre à thé, la Canne à sucre, le Papayer, le Pavot sont attaqués par *H. marioni*, dont la présence dans les plantations entraîne l'étiolement ou la mort, et, en tout cas, la perte marchande des sujets atteints.

([3]) E. Roubaud et R. Deschiens, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 687.
([4]) *Nova Acta Acad. Leop. Carol.*, 52, 1888, p. 313.
([5]) *Arb. Biol. Reichsanst. Land. u. Forst.*, 3e série, 11, 1922, p. 185.
([6]) *J. Helminthol.*, 16, 1938, p. 159.

On sait que les œufs d'*H. marioni* éclosent dans le cadavre de la femelle; la cuticule flétrie de celle-ci et les tissus végétaux périphériques forment une enveloppe protégeant les embryons; lorsque les tissus nécrosés de la plante s'ulcèrent, les embryons sont libérés dans le sol humide et deviennent des larves infectieuses qui contamineront de nouvelles racines ou de nouvelles plantes. C'est à ce moment que les larves d'Hétérodères peuvent être capturées et détruites par les Hyphomycètes et qu'une prophylaxie par l'action de ces champignons peut être tentée.

Nous avons réalisé la capture et la destruction des larves d'*H. marioni*, provenant des lésions des racines de Bégogniacées des serres de la ville de Paris.

Dans une première série d'essais ces résultats ont été obtenus dans des boîtes de Petri, contenant 100 larves environ d'Hétérodères en suspension dans 10^{cm^3} d'eau de fontaine. A ce dispositif était ajouté, au moment de l'épreuve, deux carrés de $1^{cm} \times 1^{cm}$ de culture d'Hyphomycètes prédateurs, découpés aseptiquement dans un milieu gélosé (gélose, 12^g; flocons d'avoine, 1^g; extrait de malt, 5^{cm^3}; eau distillée, 1000^{cm^3}).

Dans ces conditions nous avons observé que 90 % des larves d'Hétérodères étaient retenues et détruites en 10 jours avec *D. bembicodes* et en 15 à 20 jours avec *A. oligospora* et *D. ellipsospora*.

Dans une seconde série d'essais nous avons enfoui à une profondeur de 5^{cm} dans un terreau humide, riche en larves infectieuses d'Hétérodères, des carrés de culture de *D. bembicodes*, sur gélose, supportés par une trame de soie à bluter reliée par un fil conducteur de soie à une fiche repère fixée à la surface du sol. Après 15 jours d'épreuve, l'extraction ménagée du dispositif a montré l'existence de très nombreux pièges à Nématodes, formés sur les hyphes mycéliens adhérents à la surface de la soie à bluter, ainsi que la capture de larves d'hétérodères par ces pièges, à raison de 4 à 5 larves par cm^2 de surface.

L'ensemble de cas faits montre que l'action des hyphomycètes sur les larves d'hétérodères dans l'intimité du sol arable peut être escomptée.

Afin d'établir les limites de l'extension des colonies de champignons dans le sol, à partir d'un point d'ensemencement donné, nous avons mélangé à un terreau riche en larves d'hétérodères des spores de *D. bembicodes* fixées à des fragments de paille de 2 à 3^{mm} de côté, à raison de 100^g de paille pour 6^{kg} de terreau; après 15 jours, l'examen ménagé des zones entourant les îlots de paille nous a montré que les hyphes mycéliens étaient bien développés dans un rayon de 1,5 à 2^{cm} à partir du centre du

noyau de paille, mais non au delà, comme si une quantité suffisante de glucides, représentés en l'espèce par les polysaccharides de la paille, était nécessaire au développement du Champignon. Il ressort de cette constatation que, dans une expérience pratique de prophylaxie des anguilluloses des végétaux, il y aurait lieu de prévoir l'utilisation d'une semence comportant un volume suffisant de paille hachée. Dans la proportion de 100^g de paille chargée de spores pour 6^{kg} de terreau, les fragments de paille, après un mélange homogène, se trouvent placés à 2 ou 3^{cm} les uns des autres, ce qui semble correspondre au développement d'un réseau mycélien suffisamment efficace.

Nous espérons que des essais pratiques assez étendus, entrepris par nous aux serres de la Ville de Paris avec la collaboration de M. Vautrin, Chef du Service horticole des serres, sur des Bégonias infestés par *H. marioni*, nous permettront, dans un temps rapproché, d'apporter des précisions sur la valeur prophylactique dans l'anguillulose des végétaux, de l'emploi des hyphomycètes prédateurs.

La séance est levée à 15^h40^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES PRÉSENTÉS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1941.

La tourbe. Un carburant, un engrais, par CH. BERTHELOT. Paris, Dunod, 1941; 1 vol. 21cm (présenté par M. L. Guillet).

Carburants et Lubrifiants nationaux, par CH. BERTHELOT. Paris, Dunod, 1941; 1 vol. 20cm (présenté par M. L. Guillet).

Annuaire de l'Académie d'Agriculture de France. Paris, Académie d'Agriculture de France, 1940, 1 vol. 18cm.

Les monographies de Chimie pure et appliquée. Nouvelle série, publiée sous la direction de M. H. Gault. *Les travaux récents d'analyse et de synthèse organiques et la Chimie des parfums de* 1935 *à* 1938, par HERMINE et SÉBASTIEN SABETAY. Paris, Gauthier-Villars, 1941; 1 vol. 24cm.

A propos de l'œuvre de Mathieu Tillet, lauréat de l'Académie de Bordeaux (1714-1791), par JEAN FEYTAUD. Extrait des *Actes de l'Académie nationale des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Bordeaux.* 6eme série. Tome XI, 1937-1938. Bordeaux, Imprimeries Delmas, 1940; 1 fasc. 28cm,5.

Sur le rôle des insectes dans la transmission des maladies des plantes. Un précurseur : Mathieu Tillet (1714-1791), par JEAN FEYTAUD. Extrait de la *Revue de Zoologie agricole et appliquée.* Talence, Société de Zoologie agricole, 1940, 1 fasc. 24cm.

La théorie des deux régimes visuels sensoré-moteurs (indépendance et conjugaison) dans la série des Vertébrés, par ANDRÉ ROCHON-DUVIGNEAUD. Extrait de la *Revue générale des Sciences,* no 6, 1940-1941. Paris, G. Doin et Cie, 1941; 1 fasc, 29cm,5.

Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle. Nouvelle série. Tome XII. Fascicule premier. *Les Foraminifères de la craie à Belemnitella mucronata du Bassin de Paris,* par PIERRE MARIE. Paris, Éditions du Muséum, 1941; 1 vol. 27cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 28 JUILLET 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès, survenu le 26 courant, à Paris, de M. **Henri Lebesgue**, Membre de la Section de Géométrie.

Une notice nécrologique sera lue dans la prochaine séance.

PHYSIOLOGIE. — *Sur la variation saisonnière de toxicité du sang de la Vipère*. Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Radu Vladesco**.

Nous avons rapporté le cas de vipères dont le sang injecté au Cobaye était relativement peu toxique (1), contrairement à ce que l'on pouvait attendre d'après des expériences anciennes dans lesquelles 2$^{cm^3}$ avaient suffi pour amener la mort des animaux injectés en quelques heures avec tous les symptômes de l'envenimation vipérique (2).

En cherchant l'explication de ce cas inattendu, nous avions d'abord supposé être en présence d'une nouvelle race physiologique de Vipère, mais, en poursuivant notre enquête, nous avons remarqué que les individus en question, originaires des Ponts-de-Cé en Maine-et-Loire, avaient été capturés au début du mois d'avril, tandis que les anciens, provenant de Rives-sur-Fure dans l'Isère, l'avaient été beaucoup plus tard en saison, au début du mois de novembre. Nous étant alors procuré de nouveaux individus des Ponts-de-Cé, rassemblés de la fin d'octobre au milieu de novembre, nous avons constaté que leur sang était devenu à peu près aussi actif que celui des vipères de Rives-sur-Fure.

---

(1) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1063.

(2) C. Phisalix et Gab. Bertrand, *Arch. de Physiol.*, 5e série, 6, 1894, p. 147.

Selon toute probabilité, l'on ne se trouvait pas en présence d'une nouvelle race de Vipère, mais plutôt d'un phénomène général de variation saisonnière de toxicité du sang ([3]), analogue à celui déjà mis en évidence pour le venin ([4]).

Il était indiqué, pour éprouver la valeur de cette interprétation, d'examiner comment la sécrétion venimeuse elle-même s'était comportée pendant la période d'avril à novembre.

Nous n'avions pas manqué, lorsque nous était apparue la faible activité du sang des vipères d'avril, d'extraire, directement des glandes, suivant une technique indiquée autrefois ([5]), une certaine quantité de venin des individus provenant des Pont-de-Cé et nous avions essayé son action sur le Cobaye.

Une femelle de 530^g reçut sous la peau 5^{mg} de venin sec. Avec des symptômes évidents mais atténués d'envenimation, elle était encore vivante le lendemain, 26 heures après l'injection, lorsqu'on dut quitter le laboratoire; cette femelle succomba dans la nuit. A l'autopsie on s'aperçut qu'elle était pleine. Une seconde femelle, de 525^g, fut injectée avec 6^{mg},7 de venin, puis un mâle de 575^g avec 11^{mg}; ces deux animaux moururent respectivement après 2 heures 25 et 1 heure 10.

Les cobayes et les autres animaux de laboratoires étant difficiles à se procurer à cette époque, en raison des événements, nous n'avons pas multiplié davantage nos essais; ceux-ci suffisaient d'ailleurs à montrer que la virulence du venin d'avril des Ponts-de-Cé était très au-dessous de la moyenne, très au-dessous, en particulier, de celle du venin d'automne de Rives-sur-Fure.

Nous ne possédions, d'autre part, que peu de venin sec et nous tenions à en garder une partie pour le comparer plus tard, dans des conditions aussi semblables que possible, à celui des vipères capturées en automne.

En cette dernière saison, nous pûmes réaliser trois essais comparatifs sur des paires de cobayes de poids très voisins; à ces animaux, provenant d'un élevage de l'Institut Pasteur, furent injectées des doses convenables de

---

([3]) Ayant disposé le 17 mai d'une belle vipère de 65^{cm} de longueur, envoyée du département de l'Aube, nous avons trouvé que 8$^{cm^3}$ de sang de cet animal injectés dans le péritoine d'un cobaye mâle de 555^g n'avaient produit, comme le sang des vipères d'avril de Maine-et-Loire, que des symptômes légers d'envenimation suivis d'un rétablissement complet.

([4]) C. Phisalix et Gab. Bertrand, *Arch. de Physiol.*, 7, 1895, p. 260.

([5]) *Ibid.*, 6, 1894, p 567.

venins secs, préalablement dissous dans l'eau salée physiologique. Comme on devait s'attendre à retrouver pour le venin d'automne un degré de virulence plus élevé qu'à celui du printemps, on a employé des doses moindres que dans les essais précédents, *a priori* seulement voisines des doses léthales, de façon à mieux faire apparaître les différences possibles entre les deux venins. Les résultats de ces essais sont résumés dans le tableau suivant :

	Poids de cobaye.	Poids de venin inject. à chaque cobaye.	Poids de venin inject. par 500g de cobaye.	Résultat obtenu avec le venin de printemps.	Résultat obtenu avec le venin d'automne.
	g	mg	mg		
1er essai (4 nov.)...	402	1	env. 0,80	survie	–
	412	1	» 0,82	–	survie
2e » (6 »)...	370	1	» 0,74	survie	–
	330	1	» 0,66	–	mort 5h53 après l'inject.
3e » (5 »)...	390	2	» 1,56	mort 2h30 après l'inject.	–
	380	2	» 1,52	–	mort 1h35 après l'inject.

Pour les mêmes raisons que précédemment, ces essais n'ont pas été aussi nombreux que nous l'aurions désiré, mais, étant donné les conditions de comparabilité dans lesquelles ils ont été réalisés, ils font déjà ressortir assez nettement que le venin de novembre est devenu plus actif que celui d'avril, ce qui est conforme à la règle, rappelée plus haut, de variation d'activité du venin suivant la saison (4).

Il est dès lors permis d'expliquer la faible toxicité du sang des vipères capturées au mois d'avril par un épuisement relatif de leur sécrétion venimeuse au cours du repos hivernal; les glandes ne produiraient dans cette période de vie ralentie qu'une quantité de substances hormonales inférieure à celle transportée par le sang et consommée par l'organisme; pendant la période de vie active, au contraire, la richesse du venin et la toxicité du sang qui en est la conséquence augmenteraient progressivement, pour atteindre leur maximum vers le retour du sommeil hivernal.

Le même cycle de variations se reproduirait chaque année, de sorte que, en définitive, le milieu humoral de l'animal passerait par une série alternative de concentrations en hormones spécifiques.

Quel que soit le mécanisme producteur de ces variations, il y a là un exemple d'influence des saisons sur la composition du milieu vivant bien digne de retenir l'attention des physiologistes et des médecins.

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Extension du théorème de Dupin.* Note de M. **Georges Bouligand**.

1. Il existe en analyse des cas où, malgré la pluralité des déterminations de certaines dérivées, on peut appliquer entre des valeurs *concomitantes* d'opérateurs contenant ces dérivées (c'est-à-dire des valeurs provenant d'un passage à la limite qui requiert le même ensemble dans le champ des variables indépendantes), les règles ordinaires du calcul des dérivées. Par exemple, soient φ, ψ deux fonctions continues vectorielles (ou scalaires) de u, v. Faisons tendre u, v vers u_0, v_0 par une suite (u_i, v_i) assignant aux rapports $\Delta\varphi:\Delta u$, $\Delta\varphi:\Delta v$, $\Delta\psi:\Delta u$, $\Delta\psi:\Delta v$ des limites bien déterminées, nous aurons, si le produit scalaire (ou ordinaire) de φ, ψ reste constant,

$$\lim\left(\varphi\frac{\Delta\psi}{\Delta u}+\psi\frac{\Delta\varphi}{\Delta u}\right)=0,\qquad \lim\left(\varphi\frac{\Delta\psi}{\Delta v}+\psi\frac{\Delta\varphi}{\Delta v}\right)=0,$$

ce que nous pourrons continuer à symboliser par

$$\varphi\psi_u+\psi\varphi_u=0,\qquad \varphi\psi_v+\psi\varphi_v=0,$$

en dépit de la pluralité des déterminations pour les dérivées, mais au bénéfice de la concomitance. Nous allons donner une application de cette remarque.

2. Soit S une surface décrite par l'extrémité M d'un vecteur $\overrightarrow{OM}$ dont l'origine O est fixe. On suppose que $\overrightarrow{OM}$, fonction donnée de u, v, a des dérivées géométriques $\overrightarrow{M}_u$, $\overrightarrow{M}_v$ continues quant à u, v prises ensemble, ces dérivées étant de plus orthogonales. Nous dirons que les lignes $u=$ const., $v=$ const., forment un réseau de lignes de courbure de S, si en tout point M de S est satisfaite la condition (C) suivante :

Toutes opérations de passage à la limite $(M'\to M)$ donnent, par le jeu de la concomitance, pour les vecteurs symbolisés par

$$\frac{\partial}{\partial v}\left(\overrightarrow{M}_u\right)+\frac{\partial}{\partial u}\left(\overrightarrow{M}_v\right)$$

une composante normale nulle.

3. Soit (Ω) un système triple orthogonal de l'espace euclidien à trois dimensions, obtenu en passant du point (u, v, w) à un point $M(x, y, z)$ par une transformation topologique restreinte du premier ordre, telle que

$$\overrightarrow{M}_v.\overrightarrow{M}_w=0,\qquad \overrightarrow{M}_w.\overrightarrow{M}_u=0,\qquad \overrightarrow{M}_u.\overrightarrow{M}_v=0.$$

J'ai signalé, à ce degré de généralité, la difficulté de prolonger le théorème de Dupin ([1]). Il reste cependant vrai pour (Ω) grâce à la définition du n° 2.

4. En effet, soient (w) et $(w+dw)$ deux surfaces, l'une fixe, l'autre infiniment voisine, de la troisième famille de (Ω). Le passage de (w) à $(w+dw)$ peut s'opérer par une transformation infinitésimale normale à (w), le vecteur attaché s'écrivant $\vec{N}=\vec{M}_w$ et dépendant, sur (w), des seuls paramètres u, v. Le long de (w), nous avons

$$\vec{M}_u.\vec{M}_v=0, \tag{1}$$

$$\vec{N}.\vec{M}_u=0, \qquad \vec{N}.\vec{M}_v=0. \tag{2}$$

La conservation de (1) exige que, malgré la pluralité des déterminations limites, on ait, *entre éléments limites concomitants*, la relation

$$\vec{N}_u\ \vec{M}_v+\vec{N}_v.\vec{M}_u=0. \tag{3}$$

Mais alors, *dans les mêmes conditions*, on peut différencier symboliquement les relations (2) et en déduire finalement, en cas de concomitance,

$$\vec{N}.\left[\frac{\partial}{\partial u}\left(\vec{M}_v\right)+\frac{\partial}{\partial v}\left(\vec{M}_u\right)\right]=0. \tag{4}$$

Le résultat est donc établi.

4. Somme toute, conformément à une remarque antérieure ([2]), il nous a été commode de passer par l'intermédiaire du théorème de Demartres, relatif à un réseau orthogonal d'une surface que conserve une transformation infinitésimale normale ([3]). Nous venons de prouver que ce réseau est formé de lignes de courbure, au sens du n° 1. On retrouverait le cas classique si, en chaque M, existait une dérivée géométrique seconde mixte $\vec{M}_{uv}$ univoquement déterminée et qui soit à la fois dérivée géométrique de $\vec{M}_u$ par rapport à v et de $\vec{M}_v$ par rapport à u. Mais, même en ce cas, la méthode actuelle va plus loin que le raisonnement classique, en dispensant d'hypothèses de dérivabilité sur $\vec{N}$.

([1]) *Bull. Math. de la Soc. Roumaine des Sciences*, 35, 1933, p. 57-67.

([2]) G. Bouligand, *Actualités scientifiques et industrielles*, fasc. 184, § 17, 1934, p. 36.

([3]) *Cours de Géométrie infinitésimale*, 1913, p. 391.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Michel Polonovski et Albert Lespagnol. *Chimie organique biologique. Introduction chimique à l'étude de la biologie générale.* Préface de M. A. Desgrez (présenté par M. Paul Portier).

M. **Charles Ehresmann** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions holomorphes univalentes.* Note [1] de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Paul Montel.

D'après un théorème classique de Fatou, toute fonction $f(z)$ holomorphe et bornée dans le cercle-unité D ($|z| < 1$), jouit de la propriété que, sur une pleine épaisseur de points $e^{\varphi i}$ de la circonférence C ($|z| = 1$), la limite de $f(\rho e^{\varphi i})$ pour $\rho \to 1$ existe.

La présente Note contient un théorème sur les fonctions holomorphes, bornées et *univalentes* dans D, donc sur une classe de fonctions moins étendue que celle considérée par Fatou. En revanche le résultat dépasse largement celui de Fatou.

Soit O le point $z = 0$ et $\alpha = e^{\varphi i}$ un point de C. Appelons Γ_α tout arc de courbe simple A_α dont les points différents de α sont dans D et dont toutes les cordes font avec le rayon αO un angle de valeur absolue $< \pi/2 - \varepsilon$, $\varepsilon > 0$ et arbitraire, mais fixe.

Théorème. — *Si $f(z)$ est holomorphe, bornée et univalente dans* D, C *contient une pleine épaisseur de points α tels que, dans la transformation $w = f(z)$, les images des Γ_α sont des courbes rectifiables.*

Démonstration. — $f(z)$ étant bornée et univalente dans D, nous avons

(1) Séance du 23 juin 1941.

l'inégalité

$$(1)\qquad \int_0^{2\pi} d\varphi \int_{\frac{1}{2}}^{1} |f'(\rho e^{\varphi i})|^2 \rho\, d\rho < \infty.$$

Posons $e^{\varphi i} = \alpha$ et $L(\varphi)$ = longueur de l'image du segment $(\alpha/2 \rightarrow \alpha)$

$$L(\varphi) = \int_{\frac{1}{2}}^{1} |f'(\rho e^{\varphi i})|\, d\rho;$$

donc, d'après l'inégalité de Schwartz,

$$(2)\qquad \{L(\varphi)\}^2 \leqq \frac{1}{2} \int_{\frac{1}{2}}^{1} |f'(\rho e^{\varphi i})|^2\, d\rho < \int_{\frac{1}{2}}^{1} |f'(\rho e^{\varphi i})|^2 \rho\, d\rho.$$

De (1) et (2), on tire

$$(3)\qquad \int_0^{2\pi} \{L(\varphi)\}^2\, d\varphi < \infty.$$

De (3) résulte que, sur une pleine épaisseur de valeurs de φ, la longueur $L(\varphi)$ est finie. Par suite, C contient une pleine épaisseur E de points α tels que les images des rayons $O\alpha$ sont rectifiables.

Considérons maintenant une courbe Γ_α, α étant un point de E. Inscrivons un polygone P dans Γ_α et appelons ζ les projections orthogonales sur $O\alpha$ des différents points z de P.

Remarquons que

$$(4)\qquad \left|\frac{dz}{d\zeta}\right| < M = \text{const.}$$

D'autre part, le théorème de Koebe conduit à l'inégalité

$$(5)\qquad |f'(z)| < G|f'(\zeta)| \qquad (G = \text{const.}).$$

En indiquant par L(P) la longueur de l'image de P, nous avons, d'après (4) et (5),

$$(6)\qquad L(P) = \int_P |f'(z)|.|dz| < MG \int_{A'}^{\alpha} |f'(\zeta)|.|d\zeta| = HL(\varphi) < \infty,$$

où A' est la projection orthogonale de A sur $O\alpha$, et H une autre constante. De (6), on conclut que la longueur de l'image de Γ_α ne surpasse pas la constante $HL(\varphi)$, ce qui démontre le théorème.

Remarque. — α étant un point de E, soit $\gamma = A\alpha$ une courbe dans D

telle que, si un point M parcourt γ de A à α, la distance de M à la droite Oα ne croît jamais. Je dis que l'image de γ est rectifiable. On le voit en projetant γ sur la corde Aα dont l'image est rectifiable d'après le théorème démontré, et en remplaçant Oα par Aα dans la démonstration du théorème.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur le spectre des noyaux cométaires.* Note (1) de M. **Jean Dufay**, transmise par M. Charles Fabry.

I. On a déjà identifié sûrement, dans le spectre des noyaux cométaires, la bande 4300 Å de CH (bande 0 → 0 du système $A^2\Delta \rightarrow X^2\Pi$) (2) et, avec beaucoup de vraisemblance, la bande 3900 Å de la même molécule (bande 0 → 0 du système $B^2\Sigma^- \rightarrow X^2\Pi$) (3). Cependant l'origine d'un grand nombre de radiations caractéristiques des noyaux, notamment celle du groupe intense autour de 4050 Å, demeure inconnue.

Il est naturel de rechercher d'abord d'autres bandes de CH. Il semble maintenant possible de trancher la question controversée (4) de la présence de la bande de Raffety, car l'analyse de celle-ci, faite d'après les mesures de H. Grenat (5), m'a permis de déterminer d'une manière précise ses constantes de rotation; il s'agit très probablement de la bande 1 → 1 du système $B^2\Sigma^- \rightarrow X^2\Pi$. On peut donc, suivant la méthode de P. Swings et M. Nicolet (6) légèrement modifiée, telle que je l'ai appliquée déjà aux bandes 4300 et 3900 Å (3), calculer la distribution probable des intensités parmi les raies de rotation, en supposant que l'excitation a lieu par fluorescence, sous l'action du rayonnement solaire. La première colonne du tableau ci-dessous donne les longueurs d'onde et les intensités relatives des maxima ainsi prévus dans la bande de Raffety, à la distance 0,8 unité astronomique du Soleil. La seconde colonne donne les longueurs d'ondes et les intensités (évaluées suivant une échelle arbitraire) des radiations les plus voisines dans le spectre des noyaux, d'après la mesure de 28 clichés obtenus à l'Observatoire de Lyon sur 5 comètes différentes.

---

(1) Séance du 16 juillet 1941.

(2) M. Nicolet, *Zeitschrift für Astrophysik*, 15, 1938, p. 154; J. Dufay, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1550.

(3) J. Dufay, *Astrophysical Journal*, 91, 1940, p. 91.

(4) N. T. Bobrovnikoff, *Astrophysical Journal*, 73, 1931, p. 61; F. Baldet *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1531.

(5) *Comptes rendus*, 192, 1931, p. 1553.

(6) *Astrophysical Journal*, 91, 1938, p. 173.

Raffety.		Comètes.		Raffety.		Comètes.	
4026,0	2,3	4025,6	1,9	4047,9	1,7	4049,3	3,1
4037,2	3,5	4037,2	2,1	4051,7	1,9	4051,6	3,8
4040,4	4,1	4040,8	2,4	4066,0	1,8	4067,6	1,8
4043,8	2,9	4043,4	2,3	4074,5	1,4	4074,1	2,5
				4084,2	0,6	4085,7	1,0

Les 4 radiations cométaires 4026, 4037, 4040 et 4043 Å coïncident bien avec les 4 maxima principaux de la bande et leurs intensités relatives sont à peu près conformes aux prévisions. Il semble donc raisonnable de conclure qu'elles caractérisent la présence de la bande de Raffety dans les comètes. Par contre, malgré quelques bonnes coïncidences, les autres radiations des comètes paraissent trop intenses et doivent avoir, au moins partiellement, une origine différente. Un autre constituant reste donc à trouver.

2. Il convient de s'appuyer, dans la recherche de celui-ci, sur les régularités que j'ai signalées avec J. Cabannes (7) dans le spectre des noyaux, d'après les mesures de F. Baldet (8) et dont l'existence se trouve confirmée par les nouvelles mesures. Un assez grand nombre de couples de radiations présentent une différence de nombres d'onde approchant 1490 cm^{-1} ; mais le fait le plus frappant est la répétition de groupes semblables, présentant entre eux une différence de nombres d'onde voisine de 360 cm^{-1}.

Seul le système $A^1\Sigma \rightarrow X^1\Sigma$ de la molécule NaH, étudié par T. Hori (9), m'a permis de retrouver une pareille structure. Dans le tableau ci-après, relatif aux groupes les plus caractéristiques, on a inscrit, au-dessous des longueurs d'onde des raies de NaH, celles des radiations cométaires voisines. La répartition des intensités entre les bandes de vibration semble conforme à la règle de Frank-Condon; on peut calculer, de la même manière que pour CH, la distribution probable des intensités parmi les raies de rotation. On trouve d'une part des maxima vers P(5)-P(6) et vers R(4), d'autre part un maximum complexe et généralement double vers R(8)-P(1), produit par la superposition partielle des premières raies de rotation. Les maxima observés occupent bien les positions prévues, mais le calcul conduit à une variation si lente des intensités dans chaque

(7) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 903.
(8) *Annales de l'Observatoire de Meudon*, **7**, 1926, p. 53.
(9) *Zeitschrift für Physik*, **62**, 1930, p. 352; **71**, 1931, p. 478.

branche qu'un plus grand nombre de raies de rotation pourraient être visibles.

	R(0).	P(1).	R(4).	R(5).	P(5).	P(6).	P(7).
6 → 0	4108,4	4110,6	4115,5	4119,8	4127,5	4133,6	4141,0
	4108,5	4110,2		4118,5	4126,1	4133,5	4141,3
	1,6	1,3		1,7	1,1	1,5	1,8
7 → 0	4049,0	4051,1	4055,9	4060,0	4067,0	4073,4	4080,3
	4049,3	4051,6	4056,5	4060,0?	4067,6	4074,1	4079,1
	3,1	3,8	1,3	1,2	1,9	2,5	1,2
8 → 0	3990,9	3993,0	3997,7	4001,7	4008,5	4014,6	4021,8
	3990,9	3993,4	3998,4	4001,5		4014,4	4021,3
	1,5	1,7	1,6	1,4		2,4	2,0
9 → 0	3934,3	3936,4	3940,9	3945,0	3951,4	3957,5	3964,5
	3933,6	3936,4	3939,0	3945,0	3952,4	3956,5	
	1,4	1,8	1,6	1,5	1,5	1,5	

3. Ainsi les bandes de NaH permettraient d'interpréter la presque totalité des radiations du noyau n'appartenant pas à la bande de Raffety, entre 3930 et 4140 Å. Bien d'autres coïncidences peuvent être relevées dans l'ensemble du spectre; elles seront indiquées dans une autre publication, où l'hypothèse sera discutée d'une manière plus complète. Comme les bandes déjà identifiées de CH, les bandes de NaH appartiennent au système de résonance d'une molécule facile à dissocier (2,24 e.V.). Lorsque les comètes s'approchent assez du Soleil, le spectre des noyaux disparaît et les raies D font leur apparition : le fait résulterait, dans l'hypothèse actuelle, de la dissociation des molécules NaH par le rayonnement solaire ultraviolet.

ASTROPHYSIQUE. — *Le spectre d'absorption de γ Cassiopeiæ en 1940.* Note (¹) de M. **Tcheng Mao-Lin**, transmise par M. Charles Fabry.

1. Le spectre de raies brillantes de γ Cassiopeiæ était extrêmement développé en 1937-1938 et il a été possible, à cette époque, d'y caractériser de nouveaux ions comme CII, TiIII, NII et FeIII, dont le potentiel d'ionisation est compris entre 24,3 et 30,5 volts (²). En 1939 on a assisté

(¹) Séance du 16 juillet 1941.
(²) Tcheng Mao-Lin et Jean Dufay, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 342.

à un affaiblissement progressif du spectre de raies brillantes (3); enfin en 1940 celui-ci a presque entièrement disparu.

Sur les clichés que j'ai obtenus d'août à octobre 1940, avec deux prismes-objectifs différents, les seules raies d'émission visibles en permanence sont H_α, HeI 5876 Å et H_β. Cette dernière présente une structure compliquée : plusieurs composantes sont faiblement visibles en émission au fond d'une large bande sombre. D'autres raies, comme 5317 Å FeII, se comportent d'une manière plus capricieuse, apparaissent tantôt en absorption, tantôt en émission très faible. Par contre les raies d'absorption, précédemment faibles et peu visibles, sont devenues nombreuses et intenses, par suite beaucoup plus faciles à étudier.

2. Dans l'intervalle 3890-5317 Å sur lequel ont porté mes mesures, on retrouve les raies des éléments déjà observés en absorption par O. Struve et P. Swings en 1932 (4), He I, He II, N II et O II. Les plus intenses sont celles de l'hélium neutre et de l'oxygène ionisé. Toutes les raies de He I connues dans cet intervalle sont présentes. O II est caractérisé par une douzaine de fortes raies exemptes de *blend*; un grand nombre d'autres sont plus ou moins superposées à des raies appartenant à d'autres éléments.

Mais on trouve aussi, en absorption, des raies qui étaient observées en émission en 1932 : ce sont notamment celles de H I, Ca II, Mg II, Fe II. On voit encore en absorption les raies de C II et de Fe III que j'ai précédemment identifiées comme raies brillantes.

Fe III.	γ Cassiopeiæ.	Fe III.	γ Cassiopeiæ.
3993,2 (15).....	3993,0 (2,7)	4235,5 (10).....	4235,3 (1,8)
4118,6 (8)......	4118,0 (2,0)	4243,9 (8)......	4245,8 (1,8)
4122,1 (8)......	4122,4 (1,0)	4250,0 (7)......	4251,0 (1,6)
4123,0 (8)......		4286,1 (10).....	4285,8 (1,3)
4137,0 (4)......	4136,2 (1,4)	4304,8 (10).....	4305,0 (1,3)
4137,9 (8)......		4372,4 (20).....	4371,5 (1,9)
4139,4 (7)......	4140,4 (1,2)	4419,6 (10).....	4419,1 (1,1)
4140,5 (6)......		5049,3 (7)......	5051,6 (2,6)
4166,3 (9)......	4165,8 (1,1)	5063,5 (pred)...	5065,9 (1,6)
4174,3 (10).....	4174,8 (1,6)	5100,7 (10).....	5100,1 (1,6)
4210,9 (10).....	4210,1 (1,3)	5260,2 (10).....	5261,1 (2,7)
4220,3 (5)......	4221,5 (1,2)		
4222,4 (8)......			

(3) TCHENG MAO-LIN, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 561.

(4) *Astrophysical Journal*, 77, 1933, p. 66.

Le spectre de Fe III est particulièrement bien développé et, dans l'ensemble, plus intense que celui de Fe II ([5]). Les longueurs d'onde des raies les plus caractéristiques, exemptes de mélange avec des raies voisines, sont données ci-dessus.

3. Quelques raies assez faibles du spectre de γ Cassiopeiæ coïncident bien avec les plus fortes raies de Al III (potentiel d'ionisation 28,3 volts) comme le montre le tableau ci-dessous. Pour les raies 4901,9 (1,5) et 5151,2 (2,0), on peut craindre la superposition de Al II 4902,8 (5) et de C II 5151,1 (34).

Al III.	γ Cassiopeiæ.	Al III.	γ Cassiopeiæ.
4149,9 (3)......	4150,2 (1,2)	4528,9 (1)......	4527,4 (2,3)
4149,9 (1)......		4529,2 (6)......	
4150,1 (2)......		4903,7 (4)......	4901,9 (1,5)
4479,9 (3)......	4478,0 (1,1)	5150,2 (6*u*).....	5151,2 (2,0)
4480,0 (4)......		5163,9 (7)......	5162,9 (1,0)
4512,5 (4)......	4512,0 (2,0)		

La présence de Al III, qui n'avait pas encore été signalée, semble donc bien caractérisée dans le spectre de γ Cassiopeiæ.

Enfin l'identification de Ti II, Ti III, Al II et Mn I, bien que très probable, ne peut être complètement assurée, en raison de nombreuses superpositions et la présence de Ni II, O III, A II et Fe I demeure beaucoup plus douteuse.

4. Si l'on admet que les raies brillantes sont émises au moment de la recombinaison des ions et des électrons, leur émission exige l'ionisation préalable des atomes ou des ions. Le passage, pour un même élément, du spectre de raies brillantes au spectre des raies d'absorption doit donc correspondre à une diminution de l'excitation dans l'atmosphère de γ Cassiopeiæ.

Mais, d'autre part, la disparition presque complète des raies brillantes peut être provoquée par une diminution considérable de l'étendue de l'enveloppe nébulaire qui doit entourer l'étoile.

([5]) O. Struve et C.-T. Elvey ont déjà signalé la présence en absorption des raies de Fe III dans la région ultraviolette du spectre (*Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 52, 1940, p. 140).

SPECTROSCOPIE. — *Sur une formule simple pour l'étalonnage en longueurs d'onde d'un spectre ultraviolet.* Note de M. **Paul Bary**, présentée par M. Aimé Cotton.

Avec les spectrographes à prisme de quartz, la courbe expérimentale obtenue en portant en abscisses les longueurs d'onde λ et en ordonnées les distances d comptées à partir d'une origine fixe croît de plus en plus rapidement à mesure que la longueur d'onde diminue. Il est assez difficile de représenter cette variation par une relation linéaire simple.

Ayant déjà rencontré un cas analogue dans la variation de la viscosité des verres en fonction de la température et ayant pu le résoudre, avec M. J. Herbert (¹), par l'emploi d'une formule logarithmique, j'ai cherché à appliquer cette méthode au cas énoncé ci-dessus.

Le procédé à employer consiste à remplacer les deux variables par les logarithmes, en choisissant pour l'une d'elles, une unité et une origine convenables de façon qu'elle reste supérieure à l'unité.

Ces conditions sont remplies par une équation de la forme

$$\text{Log}\,\frac{\lambda_0}{\lambda} = k\,\text{Log}\,\text{D}, \qquad \text{où} \qquad \text{D} = \frac{\delta + d}{\delta},$$

dans laquelle λ_0 est la longueur d'onde au point $d = 0$, et k et δ des coefficients constants. On en déduit

$$\lambda = \lambda_0\,\frac{1}{\text{D}^k}.$$

Pour vérifier son exactitude, nous avons déterminé sur des clichés photographiques, obtenus avec un spectrographe Jobin et Yvon donnant des spectres d'une longueur utile de 20 à 25^{mm} environ, les distances des principales raies du mercure, à partir de la première d'entre elles, prise comme origine. En éclairant la fente avec le rayonnement d'une lampe de quartz à vapeur de mercure, on a pu relever 13 raies de longueurs d'onde connues dont les distances d étaient mesurées au moyen d'un microscope à faible grossissement et d'une vis micrométrique donnant le centième de millimètre.

Ces déterminations nous ont permis de calculer les valeurs de k et de δ.

(¹) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1809.

Connaissant la valeur de λ_0, nous avons obtenu ainsi l'équation

$$\text{Log}\,\lambda = 2{,}6394 - 0{,}420\,\text{Log}\frac{6{,}40 + d}{6{,}40}.$$

Les valeurs calculées par cette formule pour les longueurs d'onde des 13 raies du mercure ne présentent que des différences faibles avec les valeurs réelles admises; elles sont nulles ou inférieures à $0^{mm},03$ pour 9 de ces raies et atteignent 0,04, 0,05 et 0,07 pour les 4 autres. Ces erreurs sont à peu près à la limite de ce que nous pouvions obtenir avec des spectres de dimensions aussi faibles.

Le résultat confirme donc la possibilité de représenter par une droite la courbe des longueurs d'onde en employant les logarithmes des variables avec une erreur possible sur la longueur d'onde, dans notre cas, du millimicron. On peut ainsi réaliser aisément, entre les raies du mercure, l'interpolation en tout point et même de petites extrapolations.

Cette méthode de calcul est probablement applicable à d'autres cas analogues.

SPECTROSCOPIE. — *La bande* OH *dans les spectres d'absorption infrarouge de quelques molécules organiques.* Note (¹) de M[lles] **Anne-Marie Vergnoux** et **Renée Dadillon**, présentée par M. Aimé Cotton.

A l'aide d'un spectromètre à miroirs et à prisme de sel gemme associé à un radiomicromètre sensible, nous avons comparé les spectres d'absorption infrarouge du benzène, du phénol, de l'aldéhyde salicylique, des aldéhydes propionique et benzoïque et de l'orthochlorophénol. L'appareil ayant été étalonné avec des bandes fines du benzène, les spectres des corps indiqués entre $2^{\mu},6$ ($3840\,cm^{-1}$) et $3^{\mu},2$ ($3100\,cm^{-1}$) ont donné, d'accord avec certains travaux antérieurs (²), les résultats suivants :

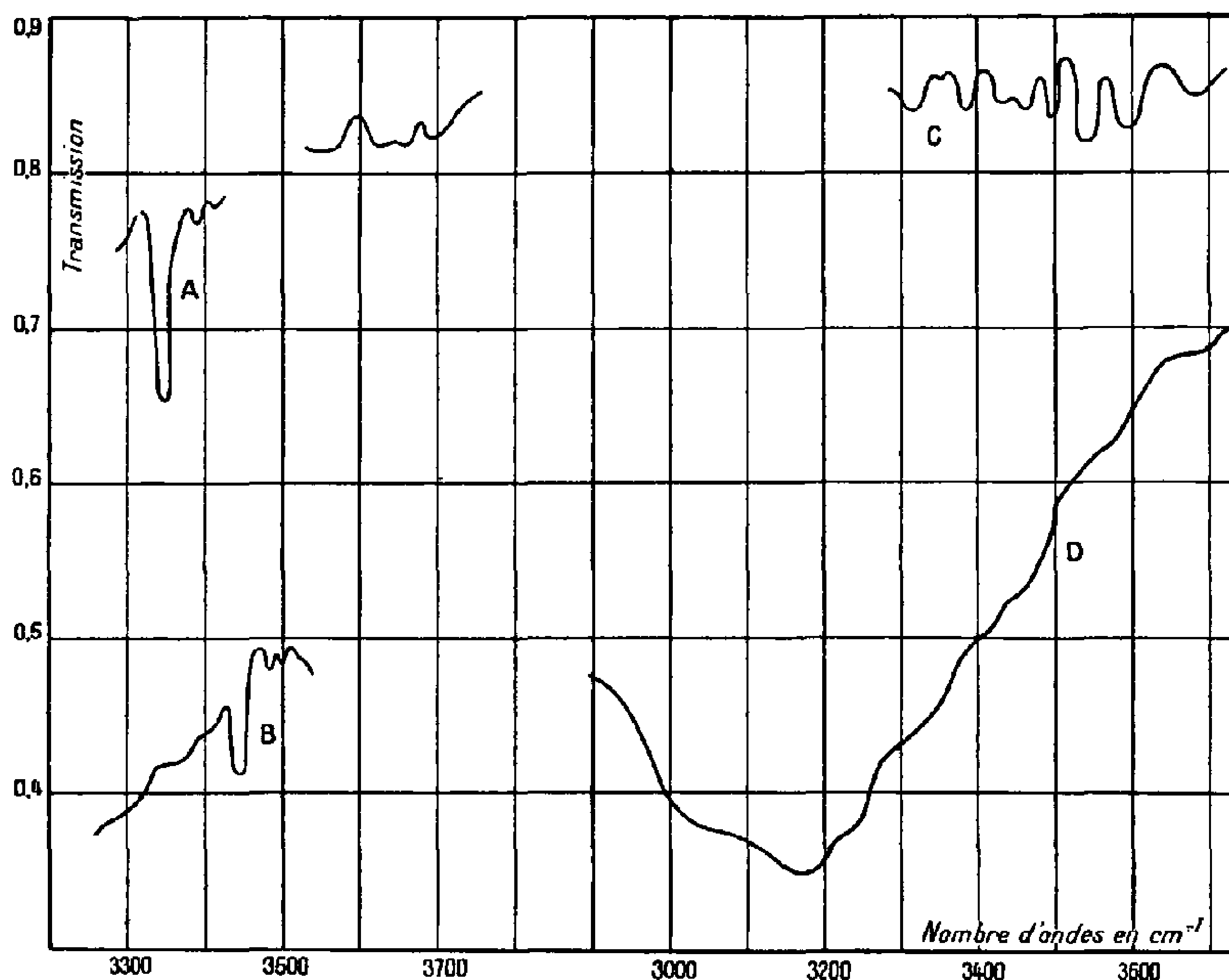
A. Position des bandes. — 1° Les bandes du noyau benzénique $3439\,cm^{-1}$, $3390\,cm^{-1}$, $3312\,cm^{-1}$.

2° La bande OH, *Phénol*, bande fine à $3638\,cm^{-1}$ en solution diluée dans CCl^4; bande large à $3390\,cm^{-1}$ en solution concentrée.

(¹) Séance du 7 juillet 1941.

(²) Fox et Martin, *Proc. Roy. Soc.*, 162, 1937, p. 419; Buswell, Deitz et Rodebush, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 501; Errera et Sack, *Trans. Far. Soc.*, 206, 1938, p. 728; Freymann, *J. de Phys.*, 12, 1936, p. 517; 1, 1939, p. 1; Davies, *Trans. Far. Soc.*, 4, 1938, p. 1427.

Aldéhyde salicylique. — La bande de 3638 cm^{-1} a pratiquement disparu, mais nous trouvons en solution diluée une bande fine à 3358 cm^{-1}, non signalée à notre connaissance. Cette bande semble se fondre dans une bande très élargie en solution concentrée (voir la figure).



A, Aldéhyde salicylique en solution dans CCl^4. Cuve de 8^{mm}. 0,1 N; B, Aldéhyde salicylique en solution dans CCl^4. Cuve de 2^{mm}. N; C, Orthochlorophénol en solution dans CCl^4. Cuve de 8^{mm}. 0,025 N; D, Orthochlorophénol en solution dans CCl^4. Cuve de 2^{mm}. 1,25 N.

Orthochlorophénol. — La bande 3658 cm^{-1} a pratiquement disparu (voir la figure) mais il apparaît deux bandes, en solution diluée, à 3600 cm^{-1} et 3530 cm^{-1} ([3]). En solution concentrée nous trouvons que ces bandes se confondent dans une bande très large (maximum vers 3150 cm^{-1}) qui semble analogue à la bande trouvée par Errera et Sack pour l'aldéhyde salicylique pour une concentration comparable.

3° La bande C = O (2ᵉ harmonique d'une bande lointaine) apparaît sensiblement à la même place (parfois dédoublée) pour l'aldéhyde sali-

([3]) Correspondant à deux formes *cis* et *trans* d'après l'hypothèse de Pauling.

cylique (3414 cm^{-1}) et propionique (3426 cm^{-1}) ou l'acétone (3420 cm^{-1}) et un peu plus loin pour l'aldéhyde benzoïque (3333 cm^{-1}).

B. Intensité des bandes. — Sans pouvoir donner ici des valeurs numériques de coefficients d'absorption, nous reproduirons les nombres suivants.

Transmission moyenne vers 3500 *cm*$^{-1}$ *pour une cuve de* 8 *mm et une solution normale.*

Benzène.	Phénol.	Ortho-chlorophénol.	Aldéhyde benzoïque.	Aldéhyde salicylique.
0,6	0,2	0,1	0,4	0,06

Ils montrent que, à concentration moléculaire égale, *l'absorption générale* de l'aldéhyde salicylique est un peu supérieure à celle du phénol et de l'orthochlorophénol, toutes trois étant bien supérieures à celle du benzène ou de l'aldéhyde benzoïque, ce qui prouverait que cette grande absorption est liée à la présence du groupement OH.

On sait que, dans l'aldéhyde salicylique, la présence du groupement CHO placé en ortho par rapport à OH a pour effet, du point de vue chimique, d'augmenter *l'acidité* de H, donc de modifier la labilité de cet atome d'hydrogène. Corrélativement, selon nos résultats, la bande de 3638 cm^{-1} correspondant à la vibration OH serait déplacée vers 3358 cm^{-1} tout comme l'est celle de l'orthochlorophénol, mais d'une quantité plus grande; ce déplacement de 280 cm^{-1} pour l'aldéhyde salicylique correspondrait à une énergie de prédissociation de la liaison OH de 5500 cal/mol environ.

Il semble nécessaire de séparer plus nettement qu'on ne l'a fait jusqu'ici les résultats obtenus en solution diluée et en solution concentrée.

En solution diluée dans un solvant neutre où la molécule ne subit que très peu l'action des molécules voisines, le phénomène de chélation qui se traduit par le déplacement de la bande fine OH par rapport à sa position normale, serait expliqué par une déformation de la molécule ayant pour effet de relâcher la liaison OH.

Quelle que soit l'interprétation théorique de ce phénomène (liaison hydrogène, perturbation du champ électrostatique de la molécule etc.) il faudrait le traduire par une modification de la fonction d'onde de Schrödinger relative au groupement OH pour une configuration stable de la molécule isolée; elle fournirait une vibration de fréquence définie, mais déplacée par rapport à celle de la molécule non chélatée.

En solution concentrée, les courbes montrent que les bandes fines précédemment signalées et même parfois toutes les autres bandes (celles du

groupement CH en particulier) sont masquées par l'absorption considérable d'une bande très large située à peu près dans la même région spectrale quoiqu'un peu déplacée vers les faibles fréquences. Les courbes de l'aldéhyde salicylique, du phénol et de l'orthochlorophénol se ressemblent d'ailleurs beaucoup.

Au phénomène de chélation pure ou liaison intramoléculaire doivent alors se superposer des liaisons intermoléculaires entre deux ou plusieurs molécules par un mécanisme probablement analogue au précédent, c'est-à-dire déformation de la molécule sous l'influence des groupements voisins. La largeur de la bande pourrait être expliquée : soit par plusieurs associations (de 2, 3, ... molécules) auxquelles correspondraient plusieurs fréquences voisines se recouvrant mutuellement), soit, d'après une hypothèse de Bauer et Magat qui nous semble plus générale, par une libration des molécules autour d'une position définie, dans l'agrégat formé par la structure quasi cristalline du liquide pour une concentration déterminée (7).

OPTIQUE. — *Sur l'excitation de la fluorescence verte de la vapeur de mercure par les radiations du proche ultraviolet.* Note de M. **Robert Lennuier**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. La vapeur de mercure, excitée par des radiations ultraviolettes, peut émettre deux bandes continues de fluorescence; l'une s'étend, dans le domaine visible, de la longueur d'onde 4350 à 5800 Å environ et présente un maximum d'intensité vers 4850 Å; la seconde bande, qui accompagne toujours la précédente, s'étend de 3130 à 3650 Å avec un maximum vers 3300 Å. Ces deux émissions sont attribuées respectivement (1) à deux sortes de molécules excitées que nous désignerons, pour rappeler l'état de leurs produits de dissociation, par les symboles ($^1S + {}^3P_0$) et ($^1S + {}^3P_1$). L'excitation peut être obtenue, non seulement par la radiation de résonance 2537 Å, mais aussi par des radiations d'énergie moindre (2). Dans ce dernier cas ($\lambda > 2537$ Å) les *atomes libres* ne peuvent pas être portés aux niveaux $^3P_0$ et $^3P_1$, et les molécules ($^1S + {}^3P_1$) sont directement formées dans un état voisin de leur minimum d'énergie

(7) Bauer et Magat, *J. de Phys.*, 8, 1938, p. 319.

(1) Finkelnburg, *Physikalische Zeitschrift*, 34, 1933, p. 529.

(2) Lord Rayleigh, *Proceedings of the Royal Society*, 125, 1929, p. 1.

lorsqu'un photon d'énergie suffisante est absorbé par une *paire d'atomes* ^1S en état de choc.

On ne peut pas envisager un processus analogue pour la formation des molécules ($^1S + {}^3P_0$); en effet la transition ($^1S + {}^1S$) $\rightarrow$ ($^1S + {}^3P_0$) est interdite si la distance des deux atomes est telle que leur couplage reste faible dans la molécule ($^1S + {}^3P_0$); elle serait théoriquement possible si la distance des deux atomes était assez petite pour qu'ils fussent fortement couplés dans la molécule ($^1S + {}^3P_0$) susceptible de se former, mais un tel rapprochement exigerait des énergies cinétiques qui ne sont pratiquement jamais atteintes aux températures usuelles.

J'ai donc eu à préciser de quelle manière se forment ces molécules ($^1S + {}^3P_0$).

II. La vapeur de mercure était contenue dans le tube déjà décrit dans une précédente Note ([3]). Le dispositif expérimental permettait de faire varier indépendamment la pression et la température de la vapeur. La source de lumière était un arc au mercure sous forte pression Philora S.P. 500. Le rayonnement de cette lampe ne contient pratiquement aucune radiation de longueur d'onde inférieure à 2800 Å ; en particulier la raie de résonance est absente. A partir de 2800 Å la source émet un spectre continu renforcé par les raies d'arc du mercure fortement élargies vers les grandes longueurs d'onde et partiellement renversées. La fluorescence a été étudiée par photographie à 90° des rayons incidents.

J'ai fait d'abord les vérifications suivantes :

a. La fluorescence verte est encore excitée par des radiations de longueur d'onde supérieure à 3000 Å lorsque la pression de la vapeur atteint et dépasse une atmosphère. Il m'a suffi, pour m'en assurer, d'interposer sur le faisceau incident un filtre *pyrex* 597 de 4^{mm} d'épaisseur, qui absorbe toutes les radiations en dehors de l'intervalle 3000-4200 Å.

b. Le triplet $^3S \rightarrow {}^3P_{0,1,2}$ n'est pas émis, bien que, dans le spectre de la lumière incidente, la raie pure 4047 Å ne soit que partiellement renversée. Il est donc certain qu'il n'existe pas d'atomes libres ^3P dans la vapeur.

c. La dépolarisation de la fluorescence visible est totale. Il est nécessaire, pour mettre ce fait en évidence, d'éliminer complètement la lumière diffusée par la vapeur, qui est polarisée ([3]). J'y suis arrivé en interposant sur le faisceau incident le filtre *pyrex* 597 et sur le faisceau réémis un écran jaune *Schott* G.G. 3. Ce résultat confirme que les molé-

([3]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 120.

cules ($^1S + ^3P_0$) ne sont pas *directement* excitées par absorption des photons incidents.

J'ai ensuite étudié comment varie l'intensité de la bande visible (au voisinage de son maximum) en fonction de la densité de la vapeur. La fluorescence verte a été isolée de la fluorescence ultraviolette et de la lumière diffusée, qui n'est pas négligeable au voisinage des raies 4047, 4358 et 5461 Å, avec le spectrographe à grande luminosité de M. Cabannes (objectif ouvert à F/0,7; F = 80^{mm}). Des mesures photographiques faciles ont montré que *l'intensité de la fluorescence est proportionnelle au cube de la densité de la vapeur éclairée.* Les résultats sont donnés dans le tableau ci-après (p, pression de la vapeur en centimètres de mercure; T, température absolue; I, intensité du maximum de la bande visible) :

p.......	16.	23.	40.	47.	60.	72.	83.	85.	92.	109.
T........	595	636	658	673	679	663	677	679	686	723
I.........	0,95	2	10	13	25	48	68	88	105	139
$K \frac{1}{I}\left(\frac{p}{T}\right)^3$.	0,91	0,98	0,91	1,02	1,16	1,10	0,99	0,96	0,97	1,02

III. Il semble qu'on puisse donner de cette loi l'interprétation suivante. Deux atomes normaux ^1S *en état de choc* trouvent, dans le rayonnement incident, des photons d'énergie suffisante pour les porter à l'état ($^1S + ^3P_1$). Le nombre des molécules ($^1S + ^3P_1$) ainsi formées est proportionnel au nombre des chocs dans le volume éclairé, soit $p^2/T^{3/2}$. Or, dans les conditions de mes expériences, les molécules ($^1S + ^3P_1$) subissent un grand nombre de chocs avant leur retour à l'état normal avec émission de la bande ultraviolette, et l'on peut admettre que certains de ces chocs sont susceptibles de faire passer des molécules ($^1S + ^3P_1$) à l'état ($^1S + ^3P_0$), la différence d'énergie se retrouvant sous forme d'énergie cinétique. Si le nombre de ces chocs efficaces est proportionnel au nombre total des chocs subis en moyenne par une molécule ($^1S + ^3P_1$), ce qui doit être sensiblement exact dans un assez large intervalle de température, le nombre des molécules ($^1S + ^3P_0$) qui se forment est proportionnel à p^3/T^2. Le facteur T n'ayant joué dans les mesures qu'un rôle correctif (il a varié de 1 à 1,2 tandis que p variait de 1 à 7), nous retrouvons, dans les limites de sa précision, la loi expérimentale.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur le rayonnement γ du radiothorium.* Note de MM. **Jean Surugue** et **Tsien-San-Tsiang**, présentée par M. Charles Maurain.

Le radiothorium se désintègre en émettant des rayons α, pour donner le thorium X (n° atomique 88), l'émission α étant accompagnée d'un rayonnement γ étudié spécialement par L. Meitner ([1]). Cet auteur avait conclu à l'existence de deux rayonnements, de longueurs d'onde 140 et 145 U. X. et d'énergies 88,1 et 94,8 ekV, qui avaient été considérés comme étant les rayons X, $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$, de l'atome transformé. Cette interprétation soulevait de graves difficultés : d'une part elle exigeait entre le noyau et les électrons périphériques un couplage particulièrement grand; d'autre part elle était difficilement compatible avec les mesures d'intensité, les électrons de conversion correspondant à $K\alpha_2$ étant plus nombreux que ceux de $K\alpha_1$, alors que les intensités des rayons X sont dans le rapport inverse ([2]).

Nous avons repris cette étude par la spectrographie des rayons β de conversion interne, au moyen de l'appareillage déjà décrit par l'un de nous ([3]). Les préparations de radiothorium ont été faites par électrolyse; le solvant était de l'éthanol + 25 % d'acétone et le radiothorium, à l'état de nitrate, n'avait comme impuretés que de faibles traces de fer ([4]). La solution, d'un volume de 4^{cm^3} environ, contenait une quantité de radiothorium équivalente, en rayons γ, à l'équilibre radioactif, à 15^{mg} de radium. L'électrode réceptrice était un fil de platine de $0^{mm},8$ de diamètre et 2^{cm} de longueur (intensité recueillie de l'ordre de $0^{mg},4$). Les poses avec les préparations de radiothorium ont duré plusieurs jours, de sorte qu'il apparaissait sur les clichés les raies les plus fortes de thorium B (F et I). Nous avons vérifié que l'on ne peut pas s'en servir pour faire des comparaisons d'intensité des raies de chacune des deux substances, à cause du départ d'une grande partie du thoron formé.

Nous avons seulement obtenu pour ce dernier corps 4 raies β, sans retrouver 2 raies faibles signalées par L. Meitner, et d'ailleurs non inter-

---

([1]) *Zs. für Phys.*, 52, 1928, p. 637 et 645.

([2]) M. Valadares, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 856.

([3]) J. Surugue, *Ann. de Phys.*, 8, 1937, p. 484.

([4]) S. Cotelle et M. Haissinsky, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1644.

prétées. On n'a aucune trace d'autre raie, en particulier du thorium X qui semble bien ne pas donner de rayonnement γ converti.

L'énergie des raies a été calculée par comparaison avec la raie F, la plus intense du spectre du thorium B. Nous avons admis pour celle-ci la valeur 1381 pour le produit BR du rayon de courbure par l'induction magnétique ([5]). Leur intensité a été comparée photométriquement à celle de la même raie F, connue en valeur absolue et correspondant à 0,22 électron par désintégration ([5]). Signalons seulement qu'il y a lieu de mesurer les surfaces des courbes d'enregistrement photométrique et non leurs maxima, d'autant plus que les raies, à cause du mode de préparation du radiothorium, sont forcément assez larges. Pour déterminer les intensités des raies en valeur absolue, nous avons effectué des clichés avec des préparations de radiothorium et avec des préparations de thorium B, mesurées chacune en rayonnement γ au moment de leur équilibre radioactif. Une fois toutes les corrections effectuées (en particulier décroissance du rayonnement de la préparation pendant la pose, sensibilité photographique, angle solide, cette dernière étant d'ailleurs faible avec l'appareillage utilisé), nous avons obtenu les résultats mentionnés dans le tableau ci-dessous, où les intensités sont notablement inférieures à ce qui avait été indiqué auparavant

BR.	Énergie. ekV.	Énergie des niveaux 88.	Énergie du quantum.	Intensité en électrons par désintégration.
881..........	66,11	L_1 19,26	83,37	0,044
904..........	67,47	L_1 19,26	86,73	0,017
981..........	78,53	M_1 4,8	83,33	0,006
1004..........	82,03	M_1 4,8	86,83	0,002
1381..........	146,6	Raie F de ThB	–	0,22

On trouve ainsi deux rayonnements γ d'énergies 86,8 ekV et 83,3 ekV, nettement différentes de celles qu'on admet à l'heure actuelle pour les rayonnements $K\alpha_1$ et $K\alpha_2$ de l'atome 88, soit 88,47 et 85,48 ekV ([6]).

Les coefficients de conversion interne pour l'élément 88, calculés à partir des courbes connues ([7]) pour le niveau L_1, sont 0,276 ou 0,240 pour l'énergie 83,3 ekV, et 0,248 ou 0,220 pour l'énergie 86,8 ekV, suivant que la radiation est supposée quadripolaire ou dipolaire. Dans ces deux hypothèses, les probabilités d'excitation sont alors 0,158 ou 0,18 pour 83,3 ekV, et 0,065 ou 0,075 pour 86,8 ekV.

([5]) R. Arnoult, *Ann. de Phys.*, 12, 1939, p. 241.

([6]) M. Frilley, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1013.

([7]) Hulme, Mott, Oppenheimer et Taylor, *Proc. Roy. Soc.*, 155, 1936, p. 315.

On n'a pas ici de raison absolue de choisir une forme de rayonnement plutôt qu'une autre, mais tous deux doivent être de même nature, puisqu'une transition entre les deux niveaux correspondants d'excitation est très peu probable (différence de 3,5 ekV), et il est très vraisemblable qu'il s'agit de rayonnements quadripolaires, ce qui donne comme probabilités d'excitation 0,158 pour le niveau 83,3 ekV et 0,065 pour le niveau 86,7 ekV.

L'étude de la structure fine des rayons α (8) a permis de mettre en évidence un groupe donnant avec le groupe principal une différence d'énergie de 86 ekV, mais le pouvoir séparateur était alors insuffisant pour distinguer deux raies voisines de 3,5 ekV, comme l'exige l'existence des deux niveaux énergétiques donnés par les rayonnements γ indiqués plus haut. En ce qui concerne les intensités, celle du groupe lent de structure fine est 1/3 à 1/5 de celle du groupe principal. Si nous rassemblons les deux niveaux d'excitation trouvés, nous obtenons une probabilité totale d'excitation de $0,158 + 0,065 = 0,223$, soit avec celle du niveau fondamental un rapport de 0,28, donnant un accord très satisfaisant.

La diffraction cristalline indique un rayonnement de 84 ekV environ, mais un rayonnement de 87 ekV serait masqué par $K\beta$ de l'élément 83 (travail inédit de Frilley).

Il résulte de cette étude que l'on doit considérer les rayonnements du radiothorium comme des rayonnements γ habituels, possédant des coefficients de conversion interne normaux, et qu'il ne peut plus être question de les assimiler aux rayons X du thorium X qui possèdent des énergies notablement différentes.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'identification des composés organiques homologues ou isomères par leur spectre d'absorption dans le proche infrarouge.* Note de Mme **Marie Freymann** et M. **René Freymann**, présentée par M. Aimé Cotton.

Diverses recherches (1) ont eu pour objet de distinguer par leurs spectres d'absorption dans le proche infrarouge des composés organiques homo-

(8) S. Rosemblum et C. Chamié, *Comptes rendus*, 194, 1932, p. 1154; 196, 1933, p. 1663.

(1) F. Brackett, *Proc. Nat. Ac. Sc.*, 14, 1928, p. 857; R. Freymann, *Comptes*

logues ou isomères. Ces identifications avaient généralement un caractère qualitatif. Nous nous proposons de montrer ici que l'on peut, en utilisant des valeurs numériques, *préciser quantitativement ces distinctions entre homologues ou isomères.* Nous envisagerons plus particulièrement le cas des hydrocarbures et des cétones et, *pour les premiers, nous relierons les spectres d'absorption à l'indice d'octane.*

A l'aide d'un spectromètre à réseau et cellule thalofide (²), nous enregistrons entre $0^{\mu},8$ et $1^{\mu},2$, sous une épaisseur de 20^{cm}, les spectres d'absorption des substances; l'enregistrement dure 15 minutes environ et n'utilise que 5^{cm^3} du produit, qui reste d'ailleurs intact après la mesure. (On peut d'ailleurs reconnaître et doser ainsi les carbures benzéniques.) Autant que possible, nous nous assurons toujours une même sensibilité de l'appareil pour la longueur d'onde $0^{\mu},9745$, région spectrale où les carbures et les cétones absorbent peu; ceci permet de comparer quantitativement les spectres.

Les valeurs numériques du Δh utilisées dans les figures 2, 3, 4 ne sont évidemment valables que dans nos conditions expérimentales et sont données en unités arbitraires; mais soulignons que nous avons tiré des conclusions identiques à celles que nous indiquons ci-après, soit de l'examen, à l'aide de notre appareil, de la bande de $0^{\mu},9$ [4ν(CH)], soit de mesures sur les courbes de Liddel et Kasper relatives à la bande de $1^{\mu},2$ [3ν(CH)].

Hydrocarbures. — On voit sur les figures 1 que les carbures aliphatiques présentent vers 1^{μ} une bande [4ν(CH) + δ(CH)] ayant plusieurs composantes. Laissant de côté d'autres inflexions de la courbe, examinons les composantes A et B, voisines de $1^{\mu},02$ et $1^{\mu},04$.

Comparons des carbures *homologues*; pour l'hexane normal (*fig.* 1), A est plus faible que B; pour l'octane normal (*fig.* 1 *bis*), les deux composantes ont à peu près même intensité; pour l'hexadécane normal (*fig.* 1), A est plus intense que B. *On peut préciser quantitativement ces différences en mesurant, en unités arbitraires, la différence de hauteur* $\Delta h = h_1 - h_2$; c'est ce que montre la figure 2 sur laquelle le nombre d'atomes de carbone est porté en abscisses, la valeur du Δh en ordonnées.

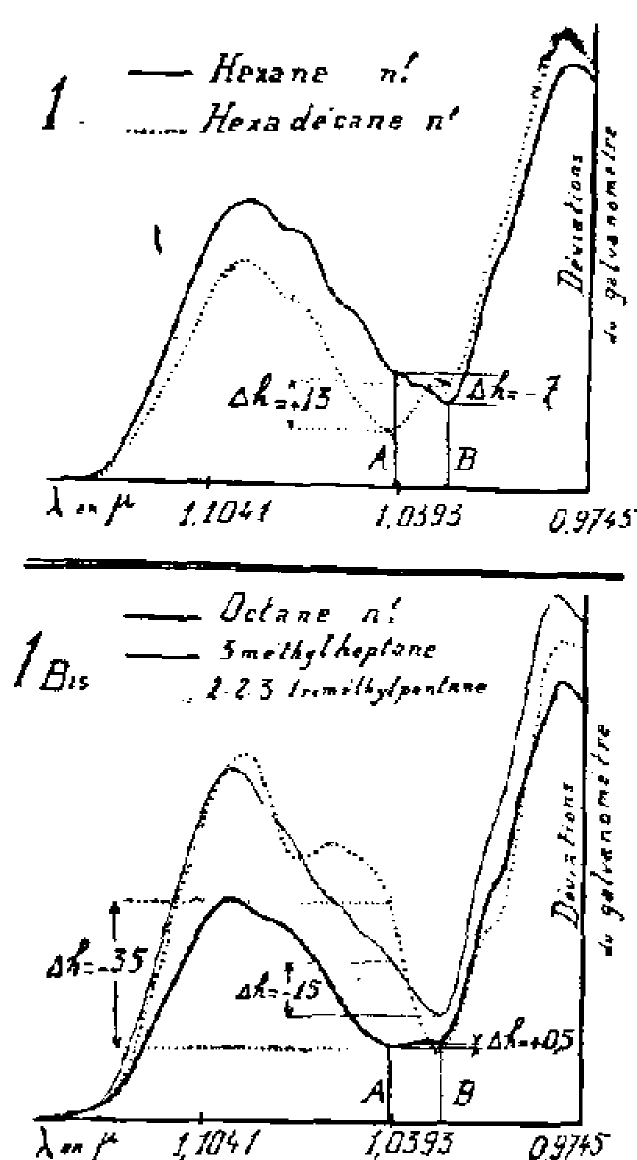
Si nous comparons maintenant des carbures aliphatiques *isomères, la composante* A *est d'autant plus faible que le carbure est plus ramifié.*

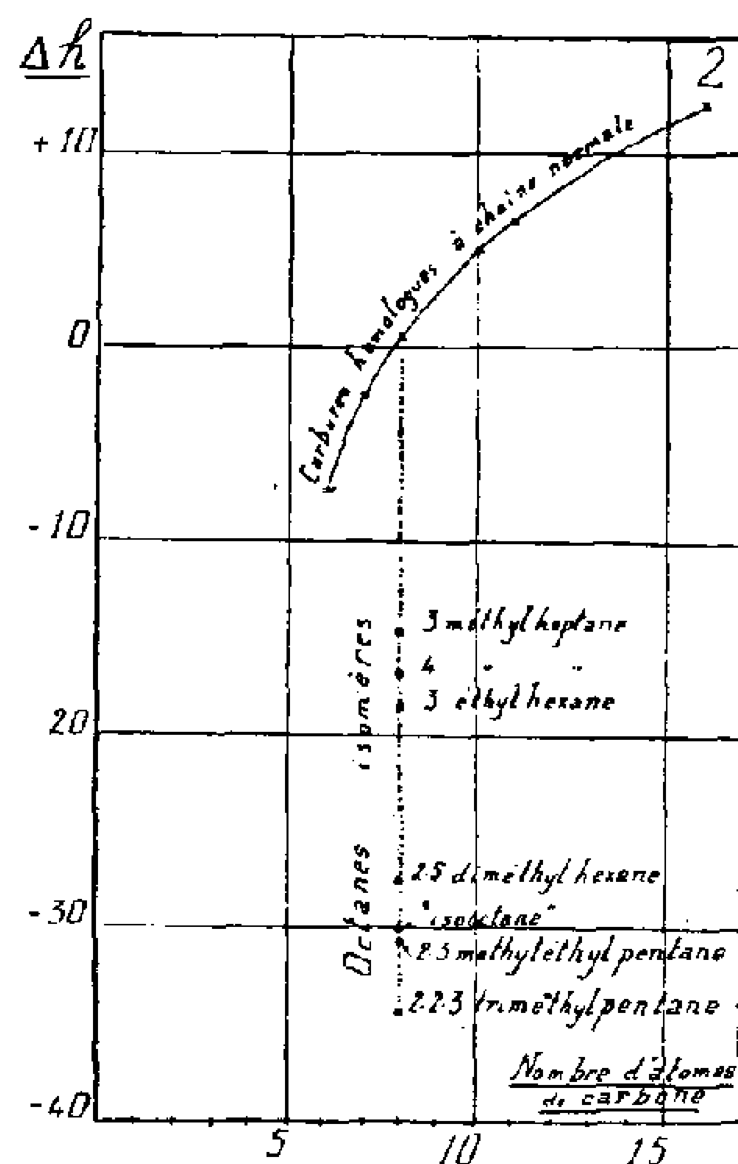
---

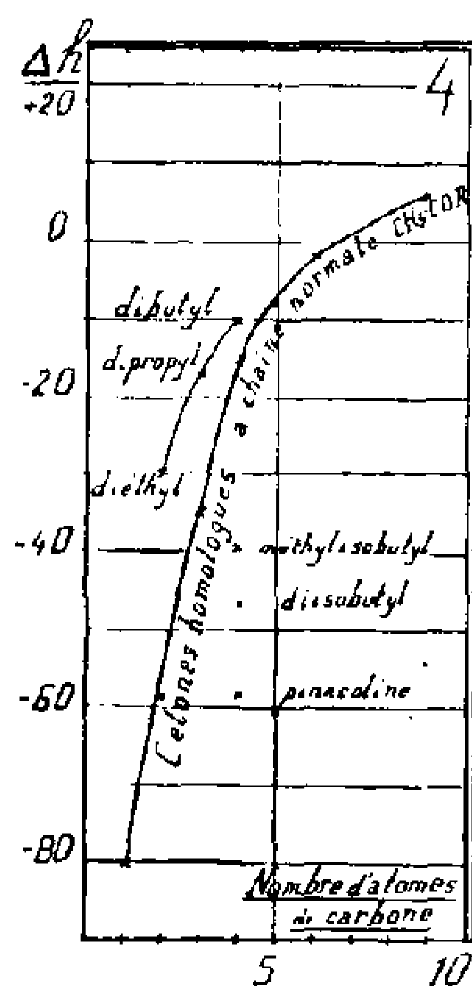
rendus, 193, 1931, p. 656; U. LIDDELL et C. KASPER, *Bur. of Stand.*, 11, 1933, p. 599; F. ROSE, *Bur. of Stand.*, 19, 1937, p. 143 et 20, 1938, p. 129; P. BARCHEWITZ, *Ann. Phys.*, 2, 1939, p. 261. Voir résumé, J. LECOMTE, *Public. du Ministère de l'Air*, n° 34, 1933 et n° 142, 1939.

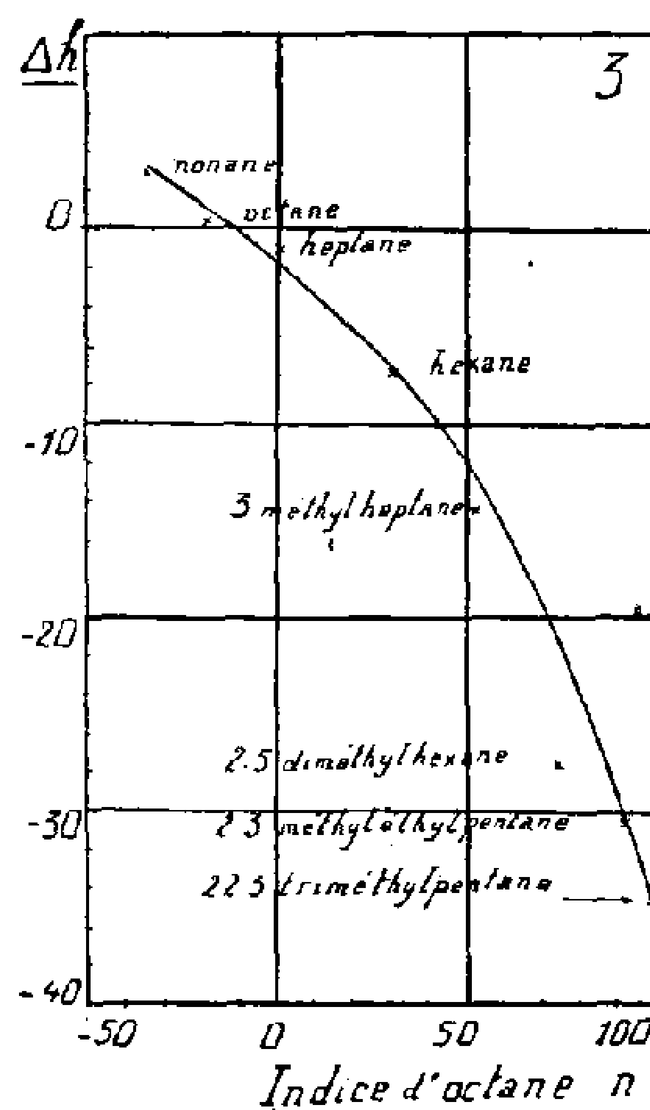
(²) R. FREYMANN, *Ann. de Phys.*, 20, 1933, p. 243; *La spectrométrie infrarouge.* Paris, avril 1934).

La mesure du Δh *permettra donc de distinguer des carbures isomères et d'en préciser le degré de ramification.* C'est ce que prouve la figure 1 *bis*,









qui compare l'octane normal, le 3-méthylheptane, le 2.2.3-triméthylpentane ($\Delta h = +0,5$, -15 et -35).

L'intérêt analytique des résultats précédents est encore accru par la remarque suivante (liée au fait que le Δh caractérise la ramification des

carbures) : Portons en ordonnées (*fig.* 3) *le* Δh *de divers carbures et en abscisses leur indice d'octane n* ([3]). Nous obtenons une courbe très régulière; elle montre qu'on peut songer à déterminer l'indice d'octane d'un carbure par une simple mesure au double-décimètre sur l'enregistrement. Ajoutons que les mesures de Δh fournissent des renseignements aussi sûrs et de façon beaucoup plus rapide que les calculs de Rose ([1]), qui ne se rapportent d'ailleurs pas à l'indice d'octane, ou les hypothèses de Bonino ([3]) utilisant l'effet Raman. Un avantage supplémentaire de la mesure du Δh tient à ce que les erreurs sur les mesures d'intensité n'interviennent qu'au second ordre.

Cétones. — La mesure du Δh pour les cétones fournit le même type de renseignements que pour les hydrocarbures. En passant de $R = CH^3$ à $R = C^9H^{19}$ pour les cétones homologues à chaîne normale CH^3-CO-R, on voit Δh augmenter régulièrement. Comme pour les carbures, la ramification de la chaîne abaisse la valeur de Δh (méthylisobutyl, diisobutyl, pinacoline); par contre, en passant aux diéthyl, dipropyl, dibutyl, la valeur de Δh augmente.

Remarque. — L'utilisation de la mesure du Δh peut être étendue à d'autres cas et notamment à l'analyse des huiles; en voici quelques exemples : huile de ricin, $+13$; huile de maïs, $+9$; huile de résine, -11; huile de vaseline, $+1$; huile de transformateur ([4]), neuve, -1; usagée, $+2$.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Détermination des constantes d'estérification en présence d'un solvant neutre.* Note de MM. **Henry Gault** et **André Chablay**, présentée par M. Marcel Delépine.

La détermination de la constante d'équilibre de la réaction d'estérification



$$R-COOH + R'-OH \rightleftharpoons R-COOR' + H^2O,$$

où R est un radical acyclique à chaîne saturée normale, peut être troublée

([3]) Valeurs approchées déduites de M. Aubert, *Leçons sur la chimie des matières premières*, Paris, 1938, p. 177; E. Audibert, *Les carburants*, 1936, p. 69; Bonino, *Proc. Indian Ac. Sc.*, 8, 1938, p. 416.

([4]) Jouaust, *Bull. Soc. Fr. Électr.*, 6e série, 1, 1941, p. 76.

par la séparation de l'eau formée, qui provoque un recul d'autant plus important de la limite que la masse moléculaire est plus grande et que la température est moins élevée. Pour les premiers termes (acides acétique et propionique), ce déplacement est négligeable, mais, à partir de l'acide butyrique, il s'accentue régulièrement et conduit à des résultats expérimentaux inexacts. En effet, à mesure que les dimensions moléculaires de l'acide et de l'ester augmentent, leur solubilité dans l'eau diminue, et, pour les acides laurique, palmitique et stéarique, elle est sensiblement nulle : l'équilibre se trouve, de ce fait, déplacé en faveur de l'estérification. C'est ainsi que l'étude de l'estérification à 100° de l'acide palmitique par CH^3OH a donné, pendant 16 jours, des résultats constamment croissants, la limite, au bout du seizième jour, étant de 83,5 % d'acide estérifié, alors que, pour les premiers termes de la série, cette limite est d'environ 69,5 %.

Nous avons cherché, par l'emploi d'un solvant des quatre constituants du système, à éviter la séparation de l'eau formée et à accroître ainsi la précision des déterminations relatives aux limites d'estérification. Nous avons porté notre choix sur le dioxane, en raison de son inertie chimique et de son pouvoir solvant élevé, et nous avons pu ainsi étudier l'estérification méthylique *en phase liquide homogène* de toute une série d'acides acycliques saturés, de l'acide acétique à l'acide palmitique.

La limite d'estérification trouvée, en présence et en l'absence de dioxane, pour les acides acétique et propionique, solubles dans l'eau, est la même. On peut donc, comme on pouvait s'y attendre, conclure que le dioxane n'exerce aucune perturbation sur la réaction d'estérification proprement dite.

Nos premiers essais, dont l'exposé fait l'objet de cette Note, ont été effectués à la température de 175°, l'acide et l'alcool étant utilisés en proportions équimoléculaires. La constante d'estérification a été calculée à l'aide de la formule habituelle

$$K = \frac{x_l^2}{(1 - x_l)^2},$$

x_l étant la quantité d'acide transformée à la limite. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant.

Ces résultats permettent de conclure que la constante K est sensiblement la même pour les acides d'une même série vis-à-vis de CH^3OH. Il y a tout lieu de croire qu'il en sera de même pour les homologues supérieurs de cet alcool. C'est ce que nous vérifierons ultérieurement.

Acide.	Limite obtenue en présence de dioxane (%).	Limite obtenue en l'absence de dioxane (%).	K avec dioxane.	K sans dioxane.
Acétique	69,5	69,8	5,19	5,34
Propionique	69,2	69,6	5,04	5,24
n-Butyrique	69,2	70,5	5,04	5,71
n-Valérique	68,4	72,1	4,69	6,68
n-Caproïque	68,6	73,7	4,77	7,85
n-Œnanthique	68,4	73,7	4,69	7,85
n-Caprylique	69,5	74,8	5,19	8,81
...	...	...	...	...
Palmitique	70,6	80	5,76	16

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la préparation des composés organo-magnésiens symétriques*. Note de M. **Jean Décombe**, présentée par M. Marcel Delépine.

W. Schlenk a montré [1] que le dioxane précipite tout l'halogène des solutions éthérées organomagnésiennes mixtes, qu'il soit à l'état de MgR^2 ou de RMgX. De plus, comme les précipités successifs obtenus dans une précipitation fractionnée contiennent le magnésium et l'halogène dans un rapport atomique qui tend vers 1 par valeurs inférieures, Schlenk considère ces solutions comme des mélanges en équilibre satisfaisant à la relation



$$(1) \qquad 2(\text{RMgX, éther}) \rightleftharpoons \text{MgR}^2 + \text{MgX}^2\,(\text{éther})^2.$$

Nous nous sommes proposé, à partir de ces données, de déterminer les meilleures conditions expérimentales pour préparer un certain nombre de magnésiens vrais ou symétriques de formules $Mg\langle{}^{R}_{R}$. Dans ce but, nou avons repris les expériences de Schlenk sous une forme différente. Au lieu d'effectuer des précipitations fractionnées et d'analyser les précipités, nous avons étudié les solutions qui surnagent ceux-ci après décantation, en adoptant le mode opératoire suivant :

(1) W. Schlenk sen. et jun., *Ber. d. Deutsch. Gesell.*, 62, 1929, p. 920; 64, 1931, p. 734.

Des volumes égaux d'une même solution magnésienne, préalablement titrée, sont versés goutte à goutte, en agitant, dans une série de solutions éthérées de dioxane de titre également connu, de façon à utiliser des quantités variables de dioxane comprise entre une et deux molécules pour une molécule de composé organométallique. Il se forme immédiatement un précipité léger dont la vitesse de décantation dépend de la nature de l'halogène. Pour obtenir des résultats comparables entre eux, nous avons toujours attendu une quinzaine d'heures avant d'effectuer les analyses. Au bout de ce temps, le précipité étant bien rassemblé, on effectue dans la phase liquide deux prises d'essais; dans l'une, on dose l'halogène restant par la méthode de Volhard, dans l'autre, on dose le magnésien restant au moyen d'une solution benzénique d'iode selon le procédé de Jolibois, mis au point par Job et Reich. Un dispositif simple permet d'effectuer toutes ces opérations en atmosphère d'azote.

Nos résultats se trouvent rassemblés dans le tableau suivant qui exprime, calculés par rapport au magnésien initial, les pourcentages d'halogène et de magnésien restant en solution après addition de quantités variables de dioxane. Nous y avons fait figurer les rendements de la préparation du réactif et les données de Schlenk relatives à la quantité de composé symétrique dans les solutions en équilibre.

Halogénure utilisé.	Rendement de la préparation (%).	Quantités relatives de dioxane.								MgR² % à l'équilibre d'après Schlenk.
		1mol, 1.		1mol, 25.		1mol, 5.		2mol.		
		Halog.	Mag.	Halog.	Mag.	Halog.	Mag.	Halog.	Mag.	
ICH^3	87			31,5	35,8	19,7	26,8	0	15,6	13,1
IC^2H^5	92	47,5	68,5	21,5	57	2,6	51,3			57
IC^3H^7 iso	56			69,5	83,2	38,8	78,2	4,1	57,2	
IC^6H^5	76	0	87							62
BrC^2H^5	80			16	87,5	0	81,5			59
BrC^3H^7n	73			21	94	0	94			76
BrC^6H^5	90	5,7	79	0	66					70
$BrC^6H^4CH^3$	90			1	69	0	64			
ClC^3H^7n	83			7	90	0	89			83
ClC^3H^7 iso	86			1,3	97	0	87			
$ClCH^2C^6H^5$	77			0,75	83	0	84			

L'examen de ce tableau conduit aux remarques suivantes :

1° Les iodures d'alcoyle-magnésium se comportent d'une façon particulière sur laquelle nous reviendrons plus tard.

2° La quantité de dioxane nécessaire pour précipiter tout l'halogène est toujours supérieure à une molécule pour une molécule d'organo-magnésien. Or on pouvait penser *a priori* qu'une seule molécule suffirait, la précipitation se faisant vraisemblablement par substitution du dioxane

aux molécules d'éther liées dans les formules de la relation (1). Il est vrai qu'au cours de la préparation du réactif, il se fait toujours une certaine quantité d'halogénure de magnésium; mais il ne semble pas y avoir de relation entre l'excès de dioxane et le rendement obtenu dans la préparation initiale du magnésien.

3° Les quantités de magnésiens restant en solution sous forme symétrique, après addition de la quantité optima de dioxane, sont généralement supérieures à celles qui correspondent aux états d'équilibres définis par Schlenk. (Exemples : 87 % au lieu de 62 dans le cas de $IMgC^6H^5$; 81,5 % au lieu de 59 dans le cas de $BrMgC^2H^5$.)

En résumé, ces résultats remettent en question la nature de l'équilibre entre les deux formes d'organo-magnésiens. D'autres recherches sont encore en cours à ce sujet. Mais le fait important qui s'en dégage, et sur lequel nous voulons insister dans cette Communication, c'est qu'il est facile de passer, avec des rendements souvent excellents, d'un composé organomagnésien mixte au composé symétrique correspondant par simple addition d'une quantité relativement faible de dioxane. D'une façon générale, les meilleurs rendements sont obtenus en utilisant la plus petite quantité nécessaire pour précipiter tout l'halogène; celle-ci est le plus souvent comprise entre $1^{mol},25$ et $1^{mol},5$ pour 1^{mol} de magnésien. Les précipités obtenus peuvent être aisément essorés en atmosphère d'azote sec et le filtrat limpide, complètement exempt d'halogène, contient alors, suivant les termes, de 50 à 94 % du magnésien initial sous la forme symétrique.

Les meilleurs résultats sont obtenus avec les dérivés chlorés, qui donnent des rendements compris entre 83 et 89 %. Les dérivés bromés donnent des rendements plus variables compris entre 64 et 94 %. Les dérivés iodés aliphatiques ne conviennent pas.

Ajoutons enfin que cette manière de préparer les magnésiens symétriques est beaucoup plus simple que celle, utilisée par W. Schlenk jun. (²), qui consiste à traiter pendant 10 à 15 jours les dialcoyle ou diaryle-mercure par du magnésium en copeaux à la température d'ébullition de l'éther.

(²) *Ber. d. Deutsch. Gesell.*, 64, 1931, p. 736.

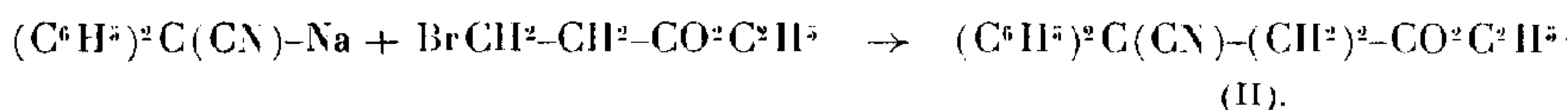
CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'acide αα-diphénylglutarique.* Note de M. François Salmon-Legagneur, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai fait connaître (¹) la préparation de l'acide αα-diphénylsuccinique et de plusieurs de ses dérivés; poursuivant une étude d'ensemble sur les diacides à structure dissymétrique, il m'a paru intéressant d'obtenir d'autres nouveaux diacides du type αα-diphénylé. C'est ainsi qu'utilisant un procédé de synthèse analogue à celui qui avait réussi pour l'acide αα-diphénylsuccinique, j'ai pu préparer, dans de bonnes conditions, l'homologue supérieur de ce dernier, l'acide αα-diphénylglutarique :



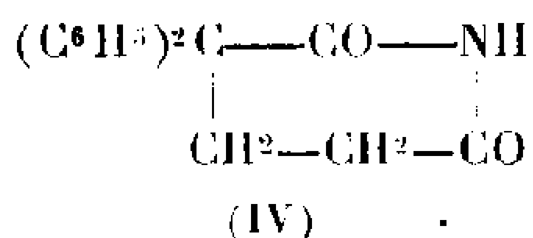
$$(1)\qquad (C^6H^5)^2C(CO^2H)—CH^2—CH^2—CO^2H.$$

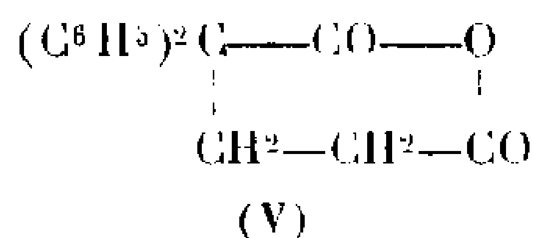
La condensation du nitrile diphénylacétique (1 mol.), préalablement transformé en dérivé sodé par l'alcoolate de sodium (2 mol.), avec le β-bromopropionate d'éthyle (1,8 mol.) donne avec un rendement moyen de 60-65 % le nitrile-ester attendu (II) (F 61°), d'après le processus



$$(C^6H^5)^2C(CN)\text{-}Na + BrCH^2\text{-}CH^2\text{-}CO^2C^2H^5 \rightarrow (C^6H^5)^2C(CN)\text{-}(CH^2)^2\text{-}CO^2C^2H^5 \quad \text{(II)}.$$

Celui-ci se laisse aisément saponifier en l'acide nitrile correspondant (III) $(C^6H^5)^2C(CN)—(CH^2)^2—CO^2H$ (F 156°-157°). Dans le cas de la préparation de l'acide αα-diphénylsuccinique, pour avoir ce dernier, il suffisait de traiter par ClH concentré l'acide nitrile similaire, isolé par une suite de réactions analogues; ici il n'en a pas été de même et un pareil traitement s'est montré en l'occurrence totalement inefficace. Le résultat cherché a néanmoins été obtenu, d'une façon un peu moins directe, en dissolvant l'acide nitrile (III) dans SO^4H^2 à 80 % et en le précipitant par de l'eau; dans ces conditions (²) il se fait l'αα-diphénylglutarimide (IV) (F 158°-159°)





(¹) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1057.

(²) Il est à noter que dans des conditions identiques le mononitrile αα-diphénylsuccinique donne principalement l'acide-amide attendu et non l'αα-diphényl-succinimide (*loc. cit.*).

Celle-ci enfin, traitée par la soude diluée, donne très facilement l'acide-amide (VI) $(C^6H^5)^2C(CONH^2)-(CH^2)^2-CO^2H$ (F 142-144°), qui lui-même, par ébullition énergique de plusieurs heures avec de la soude concentrée, se laisse lentement et presque intégralement transformer en le diacide cherché (I).

Dans cette suite d'opérations on peut d'ailleurs éviter l'isolement de l'acide-nitrile (III) en traitant directement l'ester-nitrile (II) par SO^4H^2 à 80 %, ce qui donne un mélange de l'αα-diphénylglutarimide et de l'ester-amide (VII), $(C^6H^5)^2C(CONH^2)-(CH^2)^2-CO^2C^2H^5$ (F 143-145°); une saponification alcaline en deux temps transforme finalement ce mélange en le diacide (I). Que l'on opère d'une façon ou d'une autre, le rendement de la préparation est du même ordre que celui obtenu pour l'acide αα-diphénylsuccinique; c'est-à-dire qu'à partir de 50g de nitrile diphénylacétique (ce qui représente 100g d'aldéhyde benzoïque), on peut obtenir une trentaine de grammes du nouveau produit, qui est donc parfaitement accessible.

L'acide αα-diphénylglutarique se présente, après recristallisation dans l'alcool dilué, sous forme de toutes petites aiguilles fondant à 183°; il semble stable sous l'action de la chaleur et n'a pas tendance à se déshydrater, contrairement à l'acide αα-diphénylsuccinique, qui par simple fusion se transforme quasi instantanément en anhydride. Néanmoins l'anhydride αα-diphénylglutarique (V) (F 138-139°) se prépare aisément par action du chlorure d'acétyle sur le diacide et, d'après des essais comparatifs sommaires, paraît plus résistant à l'action de l'alcool ordinaire que les anhydrides succinique, glutarique et αα-diphénylsuccinique.

Les différents esters acides ou neutres αα-diphénylglutariques qu'il est possible de prévoir ont été préparés sans grandes difficultés. Comme pour l'acide αα-diphénylsuccinique, l'estérification directe du diacide ne conduit qu'aux esters-acides du type (VIII). Pour avoir les esters neutres, le mieux est de recourir à l'action des sulfates d'alcoyle sur les sels alcalins du diacide ou des esters-acides précédents; il est à noter que l'ester diéthylique (X) n'a pu être obtenu jusqu'à présent que sous forme d'une huile ne cristallisant pas à température ordinaire. Enfin les esters-acides du type (IX) s'isolent par saponification alcaline des esters neutres. Les points de fusion de tous ces dérivés sont :

		R = CH^3.	R = C^2H^5.
(VIII)	$(C^6H^5)^2C(CO^2H)-CH^2-CH^2-CO^2R$......	108°	120-121°
(IX)	$(C^6H^5)^2C(CO^2R)-CH^2-CH^2-CO^2H$......	129°	107°
(X)	$(C^6H^5)^2C(CO^2R)-CH^2-CH^2-CO^2R$......	64-65°	–

Je poursuis actuellement une étude comparée de l'acide αα-diphénylglutarique et de ses dérivés avec ceux de la série αα-diphénylsuccinique. On peut dès maintenant retenir, comme le montrent d'ailleurs les faits exposés dans cette Note, la plus grande aptitude qu'ont les composés azotés αα-diphénylglutariques : acide-nitrile, acide-amide, ester-amide à se cycliser en imide sous l'influence de réactifs divers; cette tendance à la cyclisation semble inversée pour les dérivés non azotés, puisque l'acide αα-diphénylsuccinique se transforme plus aisément en anhydride que son homologue supérieur.

GÉOLOGIE. — *Sur la disposition des rides aquitaines dans le Bassin de l'Adour*. Note (¹) de M. **Fernand Daguin**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans ces dernières années, M. P. Lamare a précisé la structure des Massifs hercyniens qui limitent vers le Sud-Ouest le pays aquitain (Massifs des Cinco-Villas, Rhune-Haya, Labourd). Cet ensemble de massifs résistants, qui se présente comme un relai occidental de la zone axiale pyrénéenne, paraît avoir exercé une poussée vers le Nord : son avancée en forme de promontoire vers la région de Bayonne est particulièrement nette.

On sait que, en avant de la chaîne, il faut distinguer une série d'accidents anticlinaux, dans lesquels il y a : 1° des accidents à couverture crétacée et nummulitique d'orientation générale Ouest-Nord-Ouest—Est-Sud-Est; 2° des accidents où domine un matériel argilo-gypseux avec ophite, essentiellement triasique, affectant des dispositions en dômes ou lames d'allure irrégulière dont l'orientation générale est souvent différente de celle des premiers.

Les premiers de ces accidents constituent les rides bien connues du Bassin d'Aquitaine, en particulier de la région de l'Adour : bourrelet d'Isturits, anticlinal de Saint-Palais, ride de Biarrotte, ride d'Angoumé-Tercis-Bénesse-lès-Dax, ride de la Chalosse ou de Saint-Sever, ride de Roquefort-Créon. D'après les idées classiques, la ride de Biarrotte disparaîtrait sous la vallée de l'Adour vers le Bec du Gave; elle trouve peut-être son prolongement dans l'anticlinal de l'hippodrome de Peyrehorade. Celle de Tercis se poursuivrait vers l'Est dans les Petites-Pyrénées. La ride de

(¹) Séance du 7 juillet 1941.

la Chalosse se raccorderait aussi avec les Petites-Pyrénées, enfin celle de Roquefort se poursuivrait par l'affleurement de Cézan-Lavardens vers la zone axiale de la Montagne-Noire.

Après avoir confronté les diverses hypothèses sur les relations des rides du Bassin de l'Adour avec leurs prolongements supposés vers l'Est, à la lumière des travaux et des cartes publiées en particulier par MM. Seunes, de Margerie et Schrader, Roussel, Emm. Fallot, Carez, L. Bertrand, Viennot, Ch. Jacob et Lamare, travaux parmi lesquels je retiens surtout ceux de Seunes ([1]) et l'étude de MM. de Margerie et Schrader ([2]) dont les cartes ou les schémas me semblent représenter de façon très nette, dès 1890-1892, le dispositif des rides sud-aquitaines, je me demande si l'on ne peut considérer ces rides comme disposées suivant des éléments d'une virgation et si l'on ne peut parler d'une *virgation aturienne*. Ces rides s'agenceraient en effet par rapport aux massifs hercyniens du pays basque, les mouvements tangentiels de ces derniers vers le Nord pouvant expliquer l'allure générale des accidents en question : il faut dès lors attacher une grande importance à ces massifs dont la poussée au Nord s'est exercée sur le matériel plus plastique, accumulé pendant les temps secondaires et tertiaires dans le fossé complexe nord-pyrénéen. Sous l'influence de ce mouvement de translation, le matériel sédimentaire du Bassin de l'Adour s'est plissé en vagues ou anticlinaux, séparés par des dépressions synclinales. Ces vagues, surtout celles du Sud, comme le remarquaient dès 1891 MM. de Margerie et Schrader, épousent la direction de la bordure du Labourd. En particulier, Seunes admettait que la ride de Tercis se poursuivait par Saint-Boès vers l'anticlinal d'Orthez, puis vers l'accident de Lasseube. Cette allure sinueuse singulière choquait Emm. Fallot. Je ne crois pas toutefois que la critique soit à retenir, car on a de nombreux exemples d'ondes tectoniques douées d'une certaine flexibilité lorsqu'elles se heurtent à des résistances. Dès lors, en considérant une virgation aturienne, on peut en définir les éléments de la façon suivante, en partant du Sud vers le Nord : ride d'Isturits, moulée sur le bord du massif ancien du Labourd; ride de Saint-Palais, à noyau d'Albien, de direction Nord-Ouest-

---

([1]) *Thèses Sc. Paris* et *Ann. Mines*, 8e sér., **18**, 1890, pl. I (Esquisse géologique au 320/000e, 1890).

([2]) *Annuaire du C. A. F.*, 18e année, p. 590-592 (Carte géol. des Pyrénées au 1:800.000e et 1 carte schém. des pr. lignes de dislocation des Pyrénées, par Emm. de Margerie), 1891-92.

Sud-Est; ride de Biarotte dont j'ai rappelé le prolongement possible; ride de Tercis qui débute sur le territoire de Rivière vers Montbrun-Calonque et se poursuit par le Massif de Saint-Pandelon-Bénesse-lès-Dax avec, dans le Pouy-de-Montpeyroux, un paquet de talcschistes paléozoïques remonté par le Trias et repéré dès 1854 par Delbos; cette ride semble se prolonger vers l'Est par l'anticlinal de Sainte-Suzanne près Orthez, avec, comme jalon intermédiaire, la tache triasique de Saint-Boès (la Mounicq) et plus loin, d'après Seunes, par l'accident triasique de Lasseube. On peut ranger sur la même direction les accidents triasiques de la feuille de Tarbes (Ossun, Louey), celui de Barlest se trouvant sur une ligne plus méridionale.

Puis viennent les rides de la Chalosse et de Roquefort-Créon plus tendues que les précédentes, mais conservant encore, atténué, le souvenir de l'action du Massif du Labourd.

Entre les rides, disposées en coulisses, se trouvent des dépressions où le Trias joue un rôle important dans le bassin aturien. Les rides semblent se rejoindre vers l'Ouest; le maximum de serrée a favorisé l'expulsion du Trias, d'où les nombreuses montées triasiques, sous forme de dômes ou de lames d'allure capricieuse, entre le Labourd et l'anticlinal de Biarrotte, entre ce dernier et celui de Tercis (Salies-de-Béarn), entre celui de Tercis et celui de la Chalosse (Gaujacq-Bastennes). La fosse aturienne de Saubrigues, miocène, se trouverait, elle aussi, dans une zone déprimée entre deux rides.

En résumé l'allure générale des accidents anticlinaux à couverture crétacée ou nummulitique rappelle, vers l'Ouest, celle d'une branche de virgation simple du premier genre, suivant le terme d'Émile Argand; les éléments de la virgation s'épanouissent vers l'Est, mais rencontrent des résistances de la part de massifs anciens, affaissés en avant de la chaîne; le témoin paléozoïque du Montpeyroux permet de supposer l'existence de témoins anciens du socle dans les régions profondes. Il y aurait, dans le fond irrégulier de la cuvette d'Aquitaine, présentant des ondulations et des cassures, une série de compartiments plus ou moins décalés ou affaissés les uns par rapport aux autres.

MORPHOGENÈSE EXPÉRIMENTALE. — *Réactions du sinus urogénital des embryons de Souris aux hormones génitales injectées à la mère en gestation.* Note (1) de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Maurice Caullery.

Deux sortes de réactions se manifestent dans le sinus urogénital des embryons de Souris, sous l'action des hormones génitales; des transformations de la paroi épithéliale du sinus (réactions d'ordre histologique) et des réactions déterminant des mouvements tissulaires, aboutissant à une histogenèse différente de l'histogenèse normale (réactions d'ordre topographique); nous examinerons successivement ces deux types de modification.

A. Réactions d'ordre histologique. — L'hormone œstrogène provoque une prolifération des parois épithéliales du sinus des embryons des deux sexes; cette multiplication va de pair avec une métaplasie des cellules et une forte diminution de leur teneur en glycogène; l'hormone androgène ne produit aucun de ces effets (A. Raynaud, 1939-1941).

B. Réactions d'ordre topographique. — *a. L'injection d'une hormone androgène* (propionate de testostérone, déhydroandrostérone) à la Souris gestante inhibe le cloisonnement longitudinal du sinus des embryons femelles; comme conséquence de l'arrêt de ces mouvements, un urètre mâle typique se forme et, corrélativement, le vagin et l'urètre femelle ne se développent pas chez ces fœtus femelles. L'action de l'hormone intéresse également les dérivés du sinus : les cordons épithéliaux (qui normalement donnent naissance à un cordon indivis chez la femelle) restent séparés dans leur portion basale et ainsi se constitue un utricule prostatique, semblable à celui du mâle normal.

b. L'injection d'une hormone œstrogène (dipropionate de l'œstradiol, dihydrostilbœstrol) à la Souris en gestation, affecte le développement du sinus urogénital des fœtus mâles et des fœtus femelles.

Chez les mâles, consécutivement à l'injection hormonale, le sinus urogénital subit une division longitudinale en deux parties juxtaposées : les parois latérales rapprochées se fusionnent, établissant ainsi une cloison, qui délimite une portion antérieure urétrale et un cordon dorsal identique au cordon vaginal des femelles. L'histogenèse du sinus, ainsi inversée, aboutit donc à la constitution de voies urogénitales de type femelle

(1) Séance du 21 juillet 1941.

(urètre et vagin bien délimités) chez ces fœtus mâles; ce cloisonnement ne débute qu'au-dessous du point où s'abouchent, dans l'urètre, les voies génitales, mais il est très accentué dans la partie médiane du sinus ([1]).

Chez les embryons femelles, consécutivement à l'injection de l'hormone œstrogène à la mère en gestation, on observe une modification inattendue : la partie supérieure du sinus n'est pas cloisonnée ou du moins ne l'est que très légèrement; l'urètre forme un conduit clos, souvent dilaté; chez plusieurs animaux, les cordons du sinus rejoignent sa face dorsale, en restant parallèles et écartés : tout se passe comme si, à ce niveau, il s'était produit une inhibition de l'histogenèse femelle normale; cet aspect morphologique surprenant ne représente d'ailleurs qu'un cas particulier, parmi toute une série d'effets qui semblent témoigner de l'existence d'une influence androgène chez ces fœtus femelles. L'origine de telles modifications, qui seront étudiées ultérieurement, réside peut-être dans une transformation d'une partie de l'hormone injectée en une substance bisexuelle, ou androgène. De telles transformations, dont la possibilité est fréquemment invoquée chez l'adulte, pourraient ainsi s'effectuer au cours du métabolisme embryonnaire.

Cet effet, d'apparence anormale, observé chez les fœtus femelles, étant mis à part, l'ensemble des deux transformations correspondantes décrites ci-dessus (inhibition du cloisonnement du sinus des fœtus femelles sous l'action de l'hormone androgène, et réalisation du cloisonnement du sinus des embryons mâles sous l'action du stimulus œstrogène) conduisent à conclure : *Une action hormonale peut inhiber ou déclencher les mouvements morphogénétiques, qui, modelant le sinus urogénital indifférencié, concourent à l'histogenèse du canal urogénital chez le mâle, à celle de l'urètre et du vagin chez la femelle.*

La similitude des processus de la morphogenèse normale et de cette histogenèse dirigée nous conduit à envisager la similitude des facteurs qui, dans les deux cas, sont à leur origine; bien que nous n'ayons pas encore le droit d'identifier les deux agents en cause, il est vraisemblable que ce sont des substances hormonales libérées par les gonades, voisines des substances androgènes et œstrogènes que nous utilisons, qui, au cours de la vie embryonnaire, entrent en jeu pour modeler le sinus indifférencié, soit en un urètre mâle, soit en ses deux dérivés, urètre et vagin.

([1]) Des transformations semblables ont été obtenues chez le Rat (R. R. Greene, M. W. Burrill, A. C. Ivy, 1938).

Une histogenèse divergente, à partir d'une ébauche commune s'accomplit donc suivant que cette ébauche est soumise à un stimulus androgène ou œstrogène. La question se posait donc de savoir quelle serait la réaction de ce territoire indifférencié, en présence des deux facteurs modelants réunis : l'hormone mâle et l'hormone femelle. Pour élucider ce problème, nous avons entrepris des expériences, consistant à administrer simultanément les deux types d'hormone : un mélange de propionate de testostérone et de dipropionate d'œstradiol (en proportions variables) a été injecté à la Souris, à divers stades de la gestation : 23 embryons ou nouveau-nés, provenant de mères ainsi traitées, ont pu être, à l'heure actuelle, étudiés en coupes sériées.

Deux résultats principaux peuvent être apportés ici : *a*. pour les doses d'hormone mâle inférieures ou égales à 7^{mg} et pour des doses d'hormone œstrogène variant entre 1 et 4^{mg}, le sinus urogénital des fœtus mâles conserve le type mâle; celui des femelles est en général masculinisé, mais conserve souvent quelques caractères femelles; *b*. pour des doses d'hormone mâle de 25, 10 et 16^{mg}, associées respectivement à des doses d'hormone œstrogène de 7,5, 8 et 14^{mg}, le sinus des fœtus des deux sexes prend un type mâle net. Tout se passe donc comme si (pour les doses utilisées) l'hormone androgène dominait quantitativement l'hormone œstrogène et imposait seule son action modelante.

Conclusions. — L'ébauche indifférenciée du sinus urogénital de la Souris peut, *dans les deux sexes*, suivant la nature sexuelle du stimulus hormonal auquel elle est exposée, subir une différenciation dans le sens mâle ou dans le sens femelle. Cette ébauche est donc bipotentielle et (mis à part quelques détails de structure qui n'ont pas encore été inversés) on peut dire que, dans l'ensemble, la *neutralité* et l'*équipotentialité* de cette région du *soma* sont, à l'heure actuelle, *expérimentalement établies* chez la Souris.

PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *Étude spectrophotométrique des solutions de bilirubine*. Note de Mme **Madeleine Roy** et de M. **Augustin Boutaric**, présentée par M. Charles Achard.

Pour ces recherches, nous avons utilisé soit la bilirubine des établissements Merck, soit des échantillons très purs préparés par M. Maurice Piettre et mis aimablement par lui à notre disposition. Les résultats obtenus dans tous les cas ont été sensiblement identiques.

La bilirubine présente un spectre d'absorption caractéristique dans la région bleue-violette du spectre, pour laquelle nous avons mesuré la densité optique relative à un certain nombre de longueurs d'onde au moyen du spectrophotomètre de MM. Jobin et Yvon, sur des solutions de bilirubine dans divers solvants. Quelques auteurs (¹) ayant admis que les solutions de bilirubine obéissent à la loi de Beer, nous avons porté notre attention sur ce point et calculé les quotients δ/c de la densité optique par la concentration, qui, si la loi de Beer était vérifiée, devrait conserver pour chaque longueur d'onde une valeur indépendante de la concentration.

I. *Solutions dans le chloroforme.* — Ayant préparé à chaud une solution de bilirubine dans le chloroforme sous une concentration de 15mg pour 100cm³, nous avons obtenu par dilution de cette solution initiale une série de solutions de diverses concentrations *c*. Le tableau suivant donne les valeurs de δ/c relatives à quelques longueurs d'onde pour diverses concentrations *c* en mg pour 100cm³.

λ. c...	0,5.	1.	2.	5.	10.	15.
440.......	0,52	0,62	0,365	0,158	0,087	0,064
460......	0,74	0,71	0,425	0,178	0,094	0,083
480.......	0,41	0,49	0,435	0,252	0,143	0,112
500.......	0,02	0,02	0,075	0,06	0,054	0,044
520.......	–	0,01	0,01	0,012	0,008	0,011

II. *Solutions aqueuses stabilisées par la sérum-albumine.* — Les solutions de bilirubine dans la soude s'altèrent très vite, même dans l'obscurité et, à 0°, les mesures doivent être faites rapidement. Nous avons préparé des solutions de bilirubine ayant un coefficient pH très voisin de celui du sérum sanguin en utilisant un milieu solvant constitué par 31cm³,76 d'une solution OH Na N/80 auquel on ajoutait 2g de sérum-albumine (préparée par la méthode de l'acétone à froid de M. Piettre), 25cm³ d'une solution d'acide borique et de chlorure de potassium M/5, le volume du mélange étant complété à 100cm³ avec de l'eau distillée. La sérum-albumine servait à la fois de colloïde protecteur, destiné à empêcher la floculation de la bilirubine par l'acide borique, et d'agent de stabilisation ayant pour effet de supprimer l'oxydation de la bilirubine en l'absence d'un inhibiteur approprié (²). Le

(¹) G. Barac, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **21**, 1939, p. 1167.
(²) A. Boutaric et M. Roy, *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 1021.

tableau suivant donne les valeurs de δ/c pour diverses concentrations c en bilirubine.

λ. c...	0,5.	1.	2.	5.	10.
440.......	0,49	0,81	0,96	1,08	1,40
460.......	0,56	0,96	1,22	1,33	1,55
480.......	0,56	0,95	1,40	1,69	1,88
500.......	0,22	0,42	0,72	1,45	1,87
520.......	0,09	0,18	0,29	0,41	0,72

III. *Dilution des sérums.* — Dans la même région spectrale, nous avons déterminé la densité optique d'un sérum de cheval dilué dans une solution tamponnée de Sörensen (PO^4H^2K et PO^4Na^2H) dont l'exposant anion hydrogène (pH 7,4) est très voisin de celui du sérum. Le tableau suivant donne pour diverses longueurs d'onde λ le produit $v\delta$ du coefficient de dilution par la densité optique.

λ. v...	1.	2.	5.	10.	20.
440.......	0,87	0,90	0,90	0,87	0,92
460.......	0,99	1,10	0,95	0,99	1,06
480.......	0,95	0,96	0,95	0,95	0,98
500.......	0,46	0,36	0,44	0,44	0,42

IV. *Conclusions.* — Pour les diverses solutions de bilirubine que l'on peut préparer artificiellement, le quotient δ/c de la densité optique par la concentration éprouve pour toutes les longueurs d'onde de la région spectrale d'absorption une variation analogue : le quotient δ/c croît d'abord avec la concentration, passe par un maximum et décroît ensuite. Il en résulte que les solutions de bilirubine ne sauraient être regardées comme obéissant, même de manière approchée, à la loi de Beer. Au contraire, dans la même région spectrale, lorsqu'on dilue des sérums avec un milieu tamponné ayant le même pH, la densité optique varie sensiblement en raison inverse du coefficient de dilution et obéit très approximativement à la loi de Beer. De l'ensemble de ces résultats on peut conclure que, dans les sérums, la bilirubine se trouve sous un état particulièrement stable qui ne se modifie pas lors de la dilution par des solutions tamponnées de même pH.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action du peroxyde d'hydrogène alcalin sur les esters phosphoriques. Application analytique à la recherche d'une mutase des glycérophosphates.* Note (¹) de MM. **Jean Courtois** et **Pierre Biget**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'expérience nous a montré que le peroxyde d'hydrogène, à la température ordinaire et en milieu alcalin (sodique ou ammoniacal), attaque certains esters phosphoriques avec mise en liberté d'acide orthophosphorique. Dans le but de déterminer quelle est la généralité de cette réaction, nous avons étudié douze de ces esters. On mélange 20^{cm^3} d'ester M/40 à 20^{cm^3} de soude 2N et 10^{cm^3} d'eau oxygénée à 10 volumes. Après 48 heures de contact à 20°, nous dosons l'acide phosphorique libéré. Nous n'avons obtenu une déphosphorylation très notable qu'avec les esters possédant une fonction aldéhydique ou cétonique libre. Cette déphosphorylation atteint : 44 % fructose-1.6-diphosphate, 35 % fructose-6-phosphate, 46 % glucosephosphate de Hatano obtenu par inversion du saccharose phosphate et 96 % diosephosphate. Dans les autres cas la libération d'acide phosphorique est minime ou insignifiante : 1,1 % avec le saccharosephosphate dont les fonctions aldéhydique et cétonique sont bloquées, 0,3 % méthylphosphate, 3,24 % *n*-propylphosphate, 1,3 % glycolphosphate, 2,4 et 1,75 % α et β-glycérophosphates, 0,3 % acide phosphoglycolique, 0,7 % phytinate de sodium. En milieu ammoniacal nous avons obtenu des résultats analogues. Dans le but de préciser ces faits nous avons étudié d'une façon plus complète deux corps :

a. Diosephosphate. — 10^{cm^3} de diosephosphate M/10, oxydés par le peroxyde d'hydrogène ammoniacal, ont libéré, en moyenne, 9^{cm^3} d'acide phosphorique M/10; il s'est formé $23^{cm^3},6$ d'acides organiques N/10, dont $22^{cm^3},5$ sont entraînables par la vapeur d'eau. Nous avons dosé, par bromométrie, $20^{cm^3},3$ d'acide formique M/10 dans le distillat.

On peut donc admettre que le diosephosphate est oxydé selon l'équation

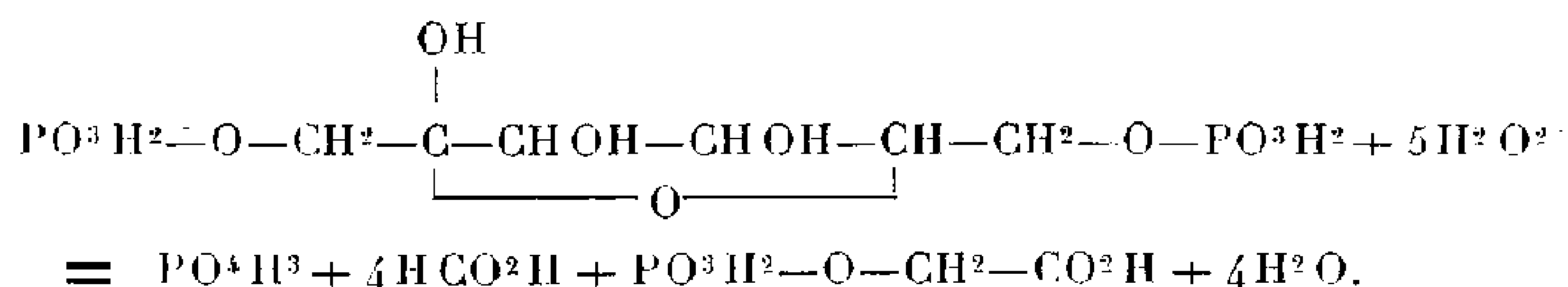


$$PO^3H^2{-}O{-}CH^2{-}CHO + 2H^2O^2 = PO^4H^3 + 2HCO^2H + H^2O.$$

b. Hexosediphosphate. — Dans les mêmes conditions, 10^{cm^3} d'ester M/10 ont libéré, en moyenne, $8^{cm^3},6$ d'acide phosphorique M/10; il s'est formé

(¹) Séance du 21 juillet 1941.

$44^{cm^3},5$ d'acides N/10, dont $30^{cm^3},1$ sont entraînables par la vapeur d'eau; le distillat contient $31^{cm^3},5$ d'acide formique M/10. L'oxydation de l'hexose-diphosphate est assez irrégulière. La réaction principale semble être



$$= PO^4H^3 + 4HCO^2H + PO^3H^2—O—CH^2—CO^2H + 4H^2O.$$

L'acide phosphoglycolique formé a été isolé et identifié sous forme de sel tribarytique à $4H^2O$.

Application. — La déphosphorylation pratiquement complète du diose-phosphate nous a permis de rechercher l'α-glycérophosphate en présence de son isomère β dans certains milieux biologiques complexes. Dans ces milieux la présence du glycérol ne permet pas d'utiliser directement la technique d'oxydation periodique, qui attaque l'α-glycérophosphate à l'exclusion du β. Diverses réactions fermentaires pouvaient s'interpréter par l'existence d'une mutase des glycérophosphates isomérisant le β en α. Nous avons établi une technique permettant de la rechercher : mise en contact d'une préparation fermentaire avec du β-glycérophosphate, élimination des phosphates préexistants ou libérés par l'acétate de baryum à pH 8,5, oxydation de l'acide α-glycérophosphorique formé en diose-phosphate par l'acide periodique, décomposition du diosephosphate par le peroxyde d'hydrogène alcalin et dosage de l'acide phosphorique ainsi libéré. Nous n'avons jamais pu déceler de mutase en effectuant des essais à différents pH avec les graines d'Amande, Pêcher, Orge, Pavot, les feuilles d'Épinard, l'autolysat de rein de Porc, l'extrait de placenta, l'urine, le sérum et les hématies humaines. Si la mutase existe, elle est peu répandue et n'affecte pas, dans les conditions habituelles, l'hydrolyse phosphatasique du β-glycérophosphate.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Activation du système d'oxydation peroxydasique de l'adrénaline par des substances polyphénoliques naturelles dérivées de la flavone (phényl-benzo-γ-pyrone).* Note de MM. **Jean Lavollay** et **Joseph Neumann**, présentée par M. Maurice Javillier.

L'oxydation biochimique de l'adrénaline peut s'effectuer soit par l'oxygène moléculaire, soit par l'oxygène activé par l'un des mécanismes

fermentaires suivants : système cytochrome-cytochromeoxydase, polyphénoloxydase, aminooxydase, système peroxyde-peroxydase (¹).

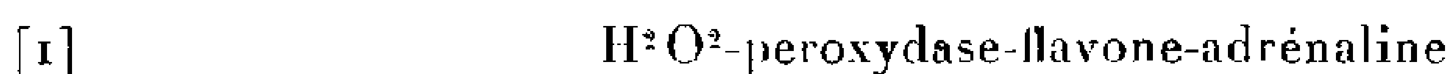
Nous avons précédemment établi que l'autoxydation de l'adrénaline est inhibée par des substances polyphénoliques du groupe de la phénylbenzo-γ-pyrone (flavone) (²).

En étudiant l'action des substances de cette famille sur l'oxydation enzymatique de l'adrénaline, nous avons trouvé que son oxydation peroxydasique est fortement activée par certains corps de ce groupe.

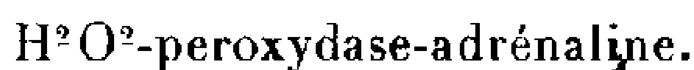
Si l'on introduit dans un tube, à la température du laboratoire, en présence de tampon phosphaté de pH 7,7, une petite quantité d'eau oxygénée, du sulfate de *d-l*-adrénaline et un extrait de peroxydase végétale (*Cucurbita pepo* L.), l'adrénaline s'oxyde progressivement et la teinte de la solution vire au rouge pour atteindre son maximum au bout d'une heure environ.

Si l'on adjoint au milieu une trace du sel sodique d'une substance polyphénolique dérivée de la flavone, le virage au rouge intense s'effectue en quelques secondes. L'oxydation peroxydasique de l'adrénaline est donc fortement activée par la présence de ce corps.

On est ainsi conduit à admettre que la flavone s'intercale entre la peroxydase et l'adrénaline, le système


[1] H^2O^2-peroxydase-flavone-adrénaline

fonctionnant avec une vitesse très supérieure à celle du système


H^2O^2-peroxydase-adrénaline.

Ce système [1] est, au substrat près, le système d'oxydation peroxydasique de l'acide ascorbique imaginé par Szent-Györgyi et découvert par Huszàk (³),


H^2O^2-peroxydase-flavone-acide ascorbique.

Le produit d'oxydation rouge qui prend naissance au cours du processus fermentaire intéressant l'adréaline est dénué d'activité physiologique vis-à-vis de l'intestin et de la vésicule séminale isolés de Cobaye ; il est réduit par l'hydrosulfite ou par l'acide ascorbique en donnant un leucodérivé. Il s'identifie vraisemblablement avec l'adrénochrome.

(¹) Blaschko et Schlossmann, *J. Physiol.*, 98, 1940, 130.
(²) Lavollay et Neumann, *Comptes rendus*, 212, 1941, 251.
(³) *Hoppe Seyler's Z.*, 247, 1937, 239.

Le système H^2O^2-peroxydase-flavone-adrénaline est bloqué par le cyanure de potassium, l'hydrogène sulfuré, la phénylhydrazine et l'hydroxylamine. L'acide ascorbique inhibe temporairement l'oxydation peroxydasique de l'adrénaline réalisée par cette chaîne enzymatique.

Certaines substances qui inhibent l'autoxydation de l'adrénaline, comme les acides aminés (glycocolle, *l*-proline) et le sérum [4], sont sans action sur l'activité de ce système peroxydasique.

Sont actifs, et dans l'ordre d'activité décroissant, les corps suivants : morinol, quercétol > lutéolol > rhamnétol > ... > quercitroside > rutoside; les deux derniers, qui sont des hétérosides, étant beaucoup moins actifs que les autres et notamment beaucoup moins actifs que leurs aglycones. L'hespérétol et le naringoside n'activent pas cette oxydation peroxydasique.

Il est à remarquer que les corps dérivés de la flavone qui agissent au mieux comme accélérateurs dans ce processus d'oxydation peroxydasique sont généralement ceux qui ont le plus d'activité comme inhibiteurs de l'autoxydation de l'adrénaline [5].

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

(4) Abderhalden et Gellhorn, *Pflüger's Arch.*, 199, 1923, p. 320 et 432; 206, 1924, p. 154; Berggren, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 197; Brodd, *ibid.*, p. 203; Bergström, *ibid.*, p. 1155; Ekerfors, *ibid.*, p. 1162,

(5) Lavollay et Neumann, *C. R. Soc. Biol.*, séance du 26 juillet 1941 (sous presse).

ERRATA.

—

(Séance du 21 juillet 1941.)

Note de M. *Paul Bertrand*, Anatomie comparée des Ptéridospermes et des Filicales primitives :

Page 144, ligne 5, *au lieu de* (P. B. 1933), *lire* (P. B. 1913).



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 4 AOUT 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur M. HENRI LEBESGUE,
par M. **PAUL MONTEL.**

La Mort vient de se saisir d'une grande proie. **HENRI LEBESGUE** n'est plus : en même temps que notre Compagnie, le monde mathématique tout entier est en deuil.

Il était né le 28 juin 1875 à Beauvais : la guerre a détruit sa maison natale au printemps de l'an dernier. Son père, ouvrier typographe sensible aux joies de l'esprit, qui avait su se constituer une bibliothèque austère et utile, mourait bientôt. Remarqué par ses professeurs, à l'École primaire, puis au Collège de la ville, il put continuer ses études au moyen de bourses municipales. Elles lui étaient accordées grâce à l'action personnelle du Docteur Gérard, bienfaiteur et maire de la cité. La dernière de ces bourses lui permit d'accéder aux classes supérieures des Lycées de Paris.

Entré à l'École Normale supérieure en 1894, il en sortait agrégé des sciences mathématiques et, en 1902, soutenait une Thèse de doctorat dont le retentissement fut considérable. Professeur au Lycée de Nancy, puis aux Facultés des Sciences de Rennes et de Poitiers, il était appelé en 1910 à la Sorbonne, qu'il devait quitter dix ans plus tard pour occuper au Collège de France la chaire de Humbert et de Jordan. En 1922, il succédait aussi à Jordan dans notre Académie.

Il était Membre de la Société Royale de Londres, de l'Académie des *Lincei*, des Académies Royales du Danemark, de Belgique, de Roumanie, de l'Académie de Bologne, de la Société Royale de Liége, de l'Académie

polonaise des Sciences et des Lettres, de la Société philosophique de Cambridge et de bien d'autres corps savants; docteur *honoris causa* de diverses Universités; Membre d'honneur de la plupart des Sociétés mathématiques.

Il est mort le 26 juillet dernier après une maladie de quatre mois au cours de laquelle son esprit demeurait lucide et son courage ferme dans un corps dont les forces déclinèrent assez pour lui rendre la mort relativement douce.

La Science perd en lui un savant d'une grande force créatrice, d'une originalité puissante, d'une pénétration étonnamment aiguë.

Dès l'École Normale, ses dons s'étaient affirmés et son esprit critique s'exerçait sur l'enseignement de ses maîtres. La proposition classique que toute surface applicable sur le plan est une surface développable, l'avait inquiété. Il abordait ses camarades, un mouchoir ou une feuille de papier froissés à la main, et leur montrait, non sans malice, cette surface non réglée qui pourtant s'appliquait sur le plan. Cette observation, jointe au souvenir des constructions de polyèdres au moyen de cartons découpés, est à l'origine de la grande découverte à laquelle son nom demeure attaché, cette intégrale de Lebesgue qui, pour l'étude des fonctions discontinues, est le principal algorithme créé depuis la série de Fourier. Elle a achevé d'établir les bases d'une Théorie nouvelle des fonctions réelles, d'origine essentiellement française, dont le développement a été si brusque et si considérable au début de ce siècle.

A cette époque, trois hommes, René Baire, M. Émile Borel, Henri Lebesgue dotent la Science de découvertes capitales dans le même domaine. En quelques années, ils édifient cette Théorie moderne des fonctions de variables réelles qui plonge ses racines dans le sol français et dont les branches étendent bientôt leurs frondaisons sur tout le monde mathématique. Ils créent une méthode de travail avec les instruments nécessaires : la classification des fonctions de René Baire; la mesure des ensembles de M. Émile Borel; l'intégrale de Lebesgue. La doctrine se répand rapidement; les Mémoires qu'elle suscite se chiffrent par centaines; des équipes de chercheurs s'y spécialisent; des périodiques lui sont exclusivement consacrés. Dans cette œuvre collective, l'intégrale de Lebesgue constitue un outil puissant dont les principes ont renouvelé les assises du calcul intégral. « Son emploi, » a écrit M. Émile Picard « surtout par les formes de raisonnement qu'il suggère, loin de conduire à des complications nouvelles, permet d'apporter d'heureuses simplifications à la théorie ordinaire. »

C'est d'une observation familière que cette première découverte était sortie. Lebesgue excellait à regarder les choses anciennes avec des yeux nouveaux. Il savait la vertu de l'examen attentif d'un exemple, d'une anomalie, d'une exception. Il se défiait des théories trop générales dont le formalisme et parfois le verbalisme le rebutaient. Il avait une vision géométrique des faits mathématiques et préférait, aux démonstrations analytiques qui rassurent l'esprit, les vues synthétiques qui le satisfont et l'apaisent. Dans chacune des parties de son œuvre, le point de départ est une remarque souvent intuitive, toujours profonde. Ses Mémoires, dont la lecture est parfois rendue malaisée par la richesse et la densité de la pensée, ont été des centres d'ébranlements qui se sont propagés au loin et ont provoqué bien des recherches.

C'est ainsi qu'il a ramené à un principe commun les divers critères de convergence des séries de Fourier et résolu beaucoup des problèmes qui les concernent. Ses résultats ont été englobés à leur tour dans son étude générale des intégrales singulières dont les conséquences embrassent une foule de développements en séries.

Par ses recherches sur l'ordre de la meilleure approximation d'une fonction au moyen d'un polynome ou d'une suite trigonométrique, il est à l'origine de ce groupe important de travaux qui ont permis de rattacher certaines propriétés des fonctions à la rapidité avec laquelle on peut ainsi s'en approcher.

Parmi ses résultats les plus féconds, je citerai ceux qui sont relatifs aux fonctions représentables analytiquement; à la notion d'aire courbe et au problème de Plateau; aux méthodes directes du Calcul des Variations et au rôle qu'y jouent les fonctions semi-continues; au problème de Dirichlet. Il découvre à ce propos et montre par un exemple simple la grande différence qui sépare le problème du plan de celui de l'espace et introduit cette notion de *fonction barrière* qui s'est révélée si utile dans les solutions modernes. Je citerai encore ses recherches d'*Analysis situs*, sur les nombres de Betti, sur les dimensions des espaces et ses travaux de Géométrie, en particulier ses études sur les surfaces applicables sur le plan.

Il apportait la même âme ardente dans toutes les formes de son activité. Un sens profond du devoir anime son enseignement à la Sorbonne, au Collège de France, à l'École de Sèvres, à l'École de Physique et de Chimie. Ses auditeurs en reçoivent une empreinte durable et recueillent souvent à titre personnel les bienfaits de son dévoûment. Il s'intéresse avec passion aux questions d'enseignement, écrit à leur sujet de nombreux articles et,

finalement, participe à la rédaction de la revue franco-suisse L'*Enseignement mathématique*.

Pendant la guerre de 1914-1918, il préside la Commission de Mathématiques du Service des Inventions, Études et Expériences scientifiques que dirige notre confrère M. Maurain dans cette Direction des Inventions que Painlevé avait créée. Avec une énergie inlassable, il travaille à la résolution des problèmes soulevés par la détermination et la correction des trajectoires des projectiles; le repérage par le son etc. Aidé par une nombreuse équipe de travailleurs bénévoles, il prépare un recueil de trajectoires, à triple entrée, qui doit servir par interpolation à l'établissement rapide des tables de tir.

Humain, profondément humain, il avait une grande noblesse de cœur et de pensée, une sensibilité délicate, une générosité discrète et inépuisable. L'injustice le mettait hors de lui : il partait aussitôt en guerre contre elle avec une fougue, une âpreté et une audace étincelantes. Sa conversation offrait beaucoup d'imprévu et de charme : la rigueur d'une logique implacable l'entraînait à des formes de langage inattendues ou paradoxales dont un clair bon sens et une bienveillance naturelle atténuaient les effets. Ses lettres, nombreuses et souvent longues, abordant tous les sujets avec beaucoup de pittoresque et de finesse, pourraient donner lieu à une attachante publication.

Sa mort prive notre Pays d'un de ses grands ouvriers de la pensée. Elle prive d'un homme de bien tous ceux qui l'ont approché. Nous adressons à sa mère, dont la figure douloureuse survit à tous ses enfants, à son épouse, à sa fille et à son fils l'expression de notre profonde sympathie.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° André Girard. **Émile-Hilaire AMAGAT**, *grand physicien français et fidèle citoyen de Saint-Satur* (2 Janvier 1841-14 Février 1915). *Préface* de M. Pierre Chevenard.

2° Michel Polonovski. *Éléments de Biochimie médicale* (présenté par M. Paul Portier).

3° Louis Fage. *Mysidacea. Lophogastrida*-I. (présenté par M. Louis Bouvier).

4° Albert Demolon. *Croissance des Végétaux cultivés* (présenté par M. Émile Schribaux).

GÉOMÉTRIE INFINITÉSIMALE. — *Sur une classe de surfaces à double courbure continue.* Note de M. **Jean Mirguet**.

1. Les orthosurfaces T, dont le paratingent au moins second est partout réduit à un nombre fini de droites, ont été signalées par M. Bouligand dès 1930; j'ai démontré en 1936 (¹) que leur contingent en chaque point est plan, dièdre ou polyèdre convexe. Le présent exposé établit l'existence et les conséquences d'une double courbure continue en certains points de ces surfaces.

Définitions. — Désignant par verticale Δ, en un point M d'une T, une direction exclue du paratingent ordinaire en M et au voisinage; choisissant sur Δ un sens de circulation qui permette de parler d'un point situé au-dessus d'un autre sur la même verticale, on voit que : 1° tout demi-plan issu de Δ en M coupe T suivant une orthocourbe à demi-tangente unique en M; 2° chacune de ces orthocourbes est située, au voisinage de M, d'un même côté de sa demi-tangente en M, sauf, peut-être, un nombre fini d'entre elles. Un de ces demi-plans sera dit *haut, bas* ou *indifférent* suivant que sa trace sur T est près de M, au-dessus, en dessous, ou indéfiniment sécante de sa demi-tangente en M (y compris le cas d'une T réglée); la demi-tangente qu'il porte sera désignée par le même qualificatif. Nous donnerons sans démonstration trois théorèmes sur la disposition de ces demi-plans d'une T.

Théorème I. — En un point M à plan tangent, dans le dièdre ($< \pi$) d'un demi-plan haut et d'un demi-plan bas, T rencontre le plan tangent suivant une orthocourbe à demi-tangente unique en M (²).

Théorème II. — En un point à plan tangent où T coupe la surface, il existe sur le plan tangent deux demi-angles ($< \pi$) opposés, *dans* lesquels les demi-tangentes ne peuvent pas être hautes et *en dehors* desquelles elles ne peuvent pas être basses. L'ouverture de ces angles peut être nulle (Exemple : $y = x^2 + z^3$ à l'origine, avec $x = z = 0$ pour verticale).

(¹) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1218.

(²) Cf. *Bulletin des Sciences mathématiques*, 44, 1940, p. 257 à 268.

THÉORÈME. III — Les demi-tangentes indifférentes sont au plus les côtés des angles définis au théorème II. Un point où l'ouverture de ces angles opposés n'est pas nulle sera dit à double courbure vraie, les côtés de ces angles seront dits paratingentes limites de double courbure : elles sont au moins secondes ([3]).

2. Les définitions et le lemme qui suivent sont vrais pour toute orthosurface. L'intersection d'une surface par un plan P issu d'une verticale Δ en M sera dite à *concavité locale positive* en M, s'il existe dans P une droite D issue de M, telle que l'intersection de la surface et de P soit, dans un voisinage fini de M, s'étendant de part et d'autre de M, au-dessus de la droite D.

L'intersection de la surface par P sera dite à *concavité locale négative* en M, s'il existe dans P une droite D issue de M, telle que l'intersection de la surface et de P soit, dans un voisinage fini de M, s'étendant de part et d'autre de M, en dessous de la droite D. Dans tout autre cas la concavité est nulle; D est dite une *discriminante du signe de concavité* en M. Préparons maintenant le lemme annoncé. Soit R_i un plan vertical qui se déplace, parallèlement à lui-même, en tendant vers un plan R_0, issu de la verticale Δ_0 en un point M_0 d'une surface S; M_i un point de SR_i tendant vers M_0. Supposons que SR_0 soit de concavité négative en M_0 et SR_i constamment de concavité positive en M_i; soit $H'_0M_0H_0$ une discriminante en M_0; $H'_lM_0H_l$ une limite sur R_0 d'une discriminante $H'_iM_iH_i$ en M_i (avec les conventions : la demi-droite M_0H_l est limite de la demi-droite M_iH_i; elle est située du même côté de Δ_0 que M_0H_0, au-dessus ou sur M_0H_0). Le sous-ensemble A_i de SR_i situé au-dessus de M_iH_i tend à disparaître quand R_i tend vers R_0, sans quoi sa limite sur R_0 serait au-dessus de M_0H_l ou sur M_0H_l donc au-dessus de M_0H_0 ou sur M_0H_0 et ne pourrait coïncider avec le sous-ensemble de SR_0 situé au-dessous de M_0H_0. La disparition progressive de A_i exige sur SR_i un triplet aligné tendant vers M_0 avec R_i. D'où la proposition suivante :

LEMME. — *Si la concavité locale de* SR_i *en* M_i *reste de signe contraire à la concavité locale de* SR_0 *en* M_0, *le plan* R_0 *contient au moins une paratingente de* S *en* M_0 *de rang supérieur au premier.*

3. La comparaison avec toutes les autres dispositions possibles du contingent (polyèdre, dièdre, plan d'appui, plan sécant sans double courbure vraie) prouve que les points à double courbure vraie sont les seuls où, dans une infinité de plans issus de la verticale du point, les sections d'une

---

([3]) Cf. BOULIGAND, *Cours de Géométrie analytique*, n° 69.

surface de la classe T sont à concavité positive en ce point, tandis qu'en ce même point, une autre infinité de sections verticales sont à concavité négative. Par suite, le lemme précédent montre qu'un point à double courbure vraie ne peut être limite que de points à double courbure vraie et que les paratingentes limites aux points voisins tendent vers les paratingentes limites au point considéré. Cette dernière remarque définit la continuité de la double courbure en ce point. De plus, en observant qu'en un point M à plan tangent d'une T, toute paratingente est située sur le plan tangent, soit K'MK une paratingente en M, distincte des paratingentes limites de double courbure; d'après la continuité de ces dernières, il est possible de centrer sur M une sphère V dans laquelle les intersections de T et des plans verticaux passant ou non par M et peu inclinés sur le plan vertical de K'MK aient toutes et partout le même signe de concavité locale; ces plans ne portant jamais, à l'intérieur de V, de demi-tangentes indifférentes, leurs intersections avec T sont toutes, dans V, strictement convexes; K'MK ne peut donc être limite en M d'un triplet aligné de T. Donc, seules en M, les paratingentes limites de double courbure peuvent être paratingentes de rang supérieur au premier.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'existence de plusieurs formes de tartrate de calcium dérivées de l'acide tartrique droit.* Note de Mlle **Thérèse Pobeguin**, présentée par M. Louis Blaringhem.

En examinant les cristaux présents dans les tissus végétaux, notamment chez une Commélinacée, *Zebrina pendula*, j'ai constaté l'existence d'une variété de tartrate de calcium qui paraît peu connue et que j'ai été amenée à étudier *in vitro*.

Lorsqu'on mélange de l'acide tartrique droit (ou un tartrate soluble) avec un sel soluble de calcium (acétate de Ca par exemple), on obtient un précipité de tartrate de calcium. En général il est formé de petits cristaux, les uns sensiblement isodiamétriques, les autres en baguettes; parfois ils se groupent en rosettes. Ils sont de taille variable, mais n'excèdent pas, dans la majorité des cas, quelques dixièmes de millimètre. Ils appartiennent au système orthorhombique. Dans certaines conditions il se forme, à la place de ces cristaux, ou plus souvent en même temps qu'eux, des aiguilles groupées en touffes rayonnantes pouvant atteindre le centimètre. *Cristaux orthorhombiques et aiguilles sont deux formes de tartrate neutre de calcium qui diffèrent par leur degré d'hydratation.*

Les cristaux orthorhombiques, bien connus, sont à extinction droite, à allongement positif; ils sont biaxes positifs. Les trois indices sont supérieurs à celui du baume, toutefois l'indice n_p en est très voisin. On sait qu'ils cristallisent avec 4 molécules d'eau. Ils sont peu hygroscopiques : conservés à l'air libre, ou placés soit dans un dessiccateur, soit dans une atmosphère saturée d'eau, les variations de poids sont faibles, de l'ordre de 0,5 %, n'excédant jamais 1 %. Ils sont stables dans les conditions ordinaires de température et de pression.

Les aiguilles de tartrate de calcium ont été signalées en 1916 par F. D. Chattaway (¹), qui indique presque exclusivement leur rapide transformation en cristaux orthorhombiques. Elles ne semblent pas avoir été étudiées depuis.

A. Conditions de formation. — Les aiguilles se forment par mélange de solutions équimoléculaires, et plus facilement lorsqu'il y a un excès de calcium. Elles ne se forment pas s'il y a excès d'acide tartrique; elles se forment mieux à basse température. Au point de vue physique elles sont, à la température ordinaire, à l'état instable (ou à l'état métastable); elles tendent à se transformer en cristaux orthorhombiques, la vitesse de réaction étant d'autant plus faible que la température est plus basse; les deux variétés peuvent ainsi coexister.

B. Aiguilles qui viennent de cristalliser. — Elles se présentent, dans le liquide où elles apparaissent, en touffes radiées ou en sphères. Pour les isoler de la solution-mère à la température ordinaire il faut prendre certaines précautions : les laver à l'eau distillée, puis à l'alcool, en évitant qu'elles se tassent les unes sur les autres, les passer rapidement à l'alcool absolu et les sécher entre deux linges très fins et très absorbants, sans presser. Une fois sèches, elles sont transparentes, brillantes, droites, rigides, fragiles, soyeuses en masse et très légères.

Au point de vue cristallographique, elles sont à extinction droite, allongées suivant n_m. Leur biréfringence maximum est assez forte. Leur section est généralement quadrangulaire. Elles semblent également appartenir au système orthorhombique. Les indices sont inférieurs à ceux des cristaux orthorhombiques : l'indice du baume est compris entre n_m et n_g, très voisins l'un de l'autre; n_p est nettement inférieur.

Les *solubilités* semblent être du même ordre que pour les cristaux orthorhombiques, un peu plus grandes, puisqu'il s'agit de la variété instable; celle

(¹) *J. Am. Chem. Soc.*, 38, 1916, p. 2519.

dans l'eau très faible, pratiquement nulle dans l'alcool absolu et l'éther. Il semble que les aiguilles soient très solubles dans l'acide tartrique. La question est difficile à préciser, étant donné qu'elles disparaissent très vite pour faire place aux cristaux orthorhombiques; les phénomènes de transformation et de dissolution interfèrent.

L'*hygroscopicité* des aiguilles fraîchement préparées est du même ordre que celle des cristaux orthorhombiques (0,5 % environ).

Degré d'hydratation. — Des dosages de calcium et des expériences de déshydratation permettent d'établir que les aiguilles cristallisent avec 6 molécules d'eau, ainsi que l'avait indiqué Chattaway. Les diagrammes de rayons X et les spectres d'absorption infrarouges sont différents pour ces deux formes de tartrate, ce qui indique un arrangement moléculaire distinct.

Instabilité. — Ce qui caractérise surtout ces aiguilles, c'est leur instabilité.

a. Si elles ont été mal desséchées au moment de leur préparation, ou si on les laisse dans la solution-mère ou dans l'eau (à la température ordinaire), elles se transforment très rapidement en cristaux orthorhombiques, que l'on voit naître aux dépens des aiguilles : ceci d'autant plus rapidement que la température est plus élevée. Une augmentation de pression provoque également la transformation, d'où impossibilité de les broyer pour faire des diagrammes de rayons X ou des spectres infrarouges. Dans ce cas, les aiguilles changent de forme et passent brusquement de $6H^2O$ à $4H^2O$.

b. Si elles ont été rapidement préparées et soigneusement desséchées, elles restent sous forme d'aiguilles. Mais elles se modifient cependant, car elles ont tendance à perdre de l'eau, d'autant plus que la température est plus élevée. Elles perdent en général plus de 2^{mol} d'eau.

C. Aiguilles préparées depuis un certain temps. — En masse, elles deviennent ternes et opalines, s'enchevêtrent, se feutrent et sont de plus en plus friables. Au microscope, on constate qu'elles se tordent sur elles-mêmes en devenant jaunâtres et légèrement opaques; leur extinction est alors irrégulière. Les indices s'élèvent. En présence de l'eau, elles perdent peu à peu la propriété de se transformer en cristaux orthorhombiques, tout au moins dans les conditions ordinaires de température et de pression. Elles ont alors un degré d'hydratation, variable avec les conditions atmosphériques, généralement compris entre 4 et 3^{mol} d'eau.

En résumé, ce travail précise les propriétés du tartrate de calcium à $6H^2O$, probablement orthorhombique, instable dans les conditions

ordinaires de température et de pression, et ses conditions de transformation soit dans la forme orthorhombique bien connue du tartrate à $4H^2O$, soit dans une forme persistant à l'état d'aiguilles ayant perdu plus de 2^{mol} d'eau.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les acides m-crésolsulfoniques et leur séparation.* Note de MM. **Alexis Tchitchibabine** et **Constantin Barkovsky**, présentée par M. Marcel Delépine.

La sulfonation du *m*-crésol par l'acide sulfurique, effectuée pour la première fois par Engelhardt et Latchinow ([1]), a été l'objet de recherches assez nombreuses. Il n'est pas étonnant qu'à leur époque ces chercheurs excellents n'aient pas constaté la formation des produits isomères. Il est plus surprenant que Claus et ses collaborateurs ([2]) aient affirmé que le produit de sulfonation ne contient qu'un seul acide sulfonique, à savoir le 1-méthyl-3-hydroxy-6-sulfo-benzène (acide *m*-crésol-*p*-sulfonique). Ils ont prouvé la présence de cet acide dans le produit de sulfonation.

Ce n'est qu'en 1924 que Haworth et Lapworth ([3]) ont trouvé que cette sulfonation fournit toujours deux acides sulfoniques *para* et *ortho*. Le sel de Ba du second est beaucoup moins soluble dans l'eau que le sel du premier. Pour l'acide nouveau, les auteurs ont prouvé la structure de 1-méthyl-3-hydroxy-4-sulfobenzène (acide *m*-crésol-*o*-sulfonique). H. et L. indiquent que le rendement en *o*-acide diminue lorsque la température de sulfonation est plus élevée, et qu'à 120° il devient minime. Selon ces auteurs, la sulfonation du *m*-crésol par l'acide chlorosulfonique ne donne qu'un seul produit, savoir le *p*-acide.

En 1929, Zehenter, Bohunek et Novotny ([4]) assuraient qu'ils pouvaient confirmer les résultats de H. et L., mais, fait étrange, pour les sels de Ba et de K du *p*-acide, obtenu par action de l'acide sulfurique

---

([1]) *J. Soc. Phys. Chim. Russe*, 1, 1869, p. 220; *Zeitschr. f. Chem.*, 1869, p. 622.

([2]) Claus et Krauss, *Ber. d. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 3089; Claus et Dreher, *J. prakt. Chem.*, 39, 1889, p. 366.

([3]) *J. Chem. Soc. London*, 125, 1924, p. 1303; voir aussi *ibid.*, 123, 1923, p. 2942.

([4]) *J. prakt. Chem.*, 121, 1929, p. 233. Voir aussi Zehenter, *Monatsh.*, 40, 1919, p. 377.

sur l'α-sulfone du *m*-crésol, ils indiquent des propriétés toutes différentes de celles indiquées par C. et par H. et L. Outre cela, ils affirment qu'ils ont utilisé une nouvelle méthode de séparation des deux acides basée sur la différence des solubilités de leurs sels basiques de Ba (phénato-sels de Ba). Selon ces auteurs, c'est le phénato-sel *para* qui est insoluble, tandis que le sel *ortho* est très soluble dans l'eau. Z., B. et N. ne mentionnent pas que le phénato-sel insoluble a été déjà obtenu à l'état pur par E. et L. ([1]). Ce sel est mentionné dans Beilstein comme le sel *para*, parce que la formation de l'acide *o*-sulfonique n'était pas encore découverte.

Nous avons reproduit plusieurs essais des auteurs sus-mentionnés et nous avons été fort surpris de trouver beaucoup d'erreurs dans leurs indications. Le fait le plus étonnant est que, contrairement aux indications de Z., B. et N., ce n'est pas le phénato-sel *para*, mais le sel *ortho* qui est insoluble dans l'eau (solubilité à 20°-$0^g,2$ dans 100^{cm^3} d'eau); en décomposant ce sel par CO^2 ou par SO^4H^2, jusqu'à neutralité de la solution, on obtient le sel de Ba *ortho* neutre, qui devient absolument pur après une recristallisation. Il cristallise par refroidissement lent des solutions chaudes, en grandes aiguilles ou en prismes (solubilité, dans l'eau bouillante $17^g,5$ dans 100^{cm^3}; à 20°-$3^g,1$: 100). Le sel décrit par H. et L. était impur, comme l'indiquent sa solubilité et surtout le point de décomposition à 150° indiqué par ces auteurs. En réalité le sel pur anhydre (desséché à 100°) ne se décompose que très lentement au-dessus de 200° et ne se liquéfie pas au bloc Maquenne, même à 250°. Le sel hydraté se décompose à des températures plus basses, variables avec les conditions de chauffage.

Contrairement aux indications de H. et L., nous avons obtenu beaucoup d'*o*-acide en sulfonant le *m*-crésol à 120°.

Selon les indications des auteurs, on pourrait s'attendre à ce que la solution-mère du phénato-sel de Ba *ortho* ne contînt rien que du sel *para*. Cependant (après traitement par CO^2 et filtration de CO^3Ba), la solution laissait un résidu qui ne donnait pas l'impression d'un sel homogène. C'est pourquoi nous avons essayé de purifier ce sel par recristallisation dans l'alcool chaud, suivant l'indication de H. et L., selon laquelle le sel *para* est biensoluble dans l'alcool bouillant, insoluble dans l'alcool froid. Mais nous avons été surpris de nouveau en constatant que ce sel n'est que très peu soluble dans l'alcool bouillant, soit absolu, soit ordinaire.

Notre surprise s'accrût encore lorsqu'en diluant l'alcool avec de l'eau jusqu'à dissolution complète du sel (à chaud) nous obtînmes, par refroi-

dissement lent, une quantité appréciable (10-15 %) de paillettes brillantes, très solubles dans l'eau et bien différentes du sel *para*. L'analyse de ce produit a donné 27,8 % H^2O et 43,4 % Ba, ce qui donne la composition $C^7H^5O^4S^2Ba^{1,5}$, $10H^2O$ du phénato-sel de l'acide *m*-crésol-disulfonique. Cet acide a été identifié dans le produit de sulfonation de l'essai exécuté dans les conditions de H. et L., dans lesquelles ces auteurs ne font même pas allusion à la formation de l'acide disulfonique. A partir du phénato-sel obtenu nous avons préparé le sel neutre pur. D'après Claus, ce sel contient $1^{mol},5$ de H^2O et est très soluble dans l'eau; d'après H. et L., il est peu soluble dans l'eau. Pour le sel pur nous avons trouvé une solubilité de $17^g,5$ dans 100^{cm^3} d'eau à 22°. Précipité à froid, il contient 1^{mol} de H^2O et s'effleurit à l'air sec.

Dans le produit de sulfonation par l'acide chlorosulfonique dans les conditions de H. et L., nous avons trouvé encore plus (20-30 %) d'acide disulfonique et, outre cela, nous avons isolé une quantité considérable de sulfone-α du *m*-crésol de Zehenter. Ainsi l'affirmation de H. et L., que le produit de sulfonation par l'acide chlorosulfonique est constitué uniquement par le *p*-acide, est inexacte.

Le fait que nous avons trouvé le phénato-sel de l'acide disulfonique après traitement par CO^2 provient de ce que le phénato-sel se décompose par le CO^2 difficilement dans des solutions diluées. La stabilité de ce phénato-sel et du phénato-sel *ortho* s'explique par leur structure cyclique. Par contre, le phénato-sel *para* s'hydrolyse fortement.

Nous avons pu séparer l'acide *para* de l'acide disulfonique en nous basant sur le fait que la solubilité du sel (de Ba) *disulfo* ne varie qu'extrêmement peu en fonction de la température, tandis que la solubilité du sel (de Ba) *para* est deux fois plus grande à chaud qu'à froid. Ainsi, en évaporant à chaud les solutions contenant beaucoup des deux sels, le sel *disulfo* précipite le premier. Après filtration et refroidissement, le sel *para* précipite à l'état presque pur. En répétant ces opérations avec les eaux-mères, on arrive à une séparation presque complète des deux sels.

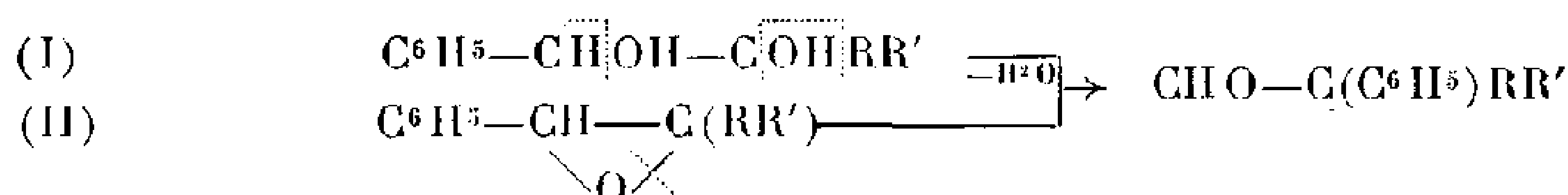
Le sel *para* isolé par H. et L. était très impur; cela est prouvé par la solubilité (34^g dans 100^{cm^3} à 17°) trouvée par ces auteurs; cela correspond à la solution saturée des deux sels *para* et *disulfo*. Pour le sel pur, nous avons trouvé une solubilité de $17^g,5$ dans 100^{cm^3} d'eau à 23°. Ce sel cristallise des solutions chaudes en paillettes brillantes très fines, contenant 1^{mol} de H^2O, qu'elles n'abandonnent pas à 100°. Son point de décomposition n'est pas 190°, comme l'indiquent H. et L. Le sel pur commence à se décomposer très

lentement déjà à 100° avec formation de *m*-crésol. La vitesse de décomposition (par l'eau de cristallisation) croît aux températures plus élevées. Dans un capillaire, il se liquéfie ordinairement à des températures beaucoup plus basses que 190°; par contre, au bloc M., ce sel ne se décompose qu'au-dessus de 200°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Déshydratation de l'α-phényl-β.β-méthylpropénylglycol; déshalogénation de son iodhydrine et isomérisation de l'époxyde correspondant.* Note de M. **Yves Deux**, présentée par M. Marc Tiffeneau.

Dans les recherches que nous avons consacrées à l'étude de l'influence exercée dans les transpositions hydrobenzoïniques et pinacoliques par les radicaux non saturés, comparativement aux radicaux aromatiques, nous avons examiné d'une part la déshydratation (I) de divers glycols non saturés, tels que $C^6H^5-CHOH-COH(R)(R')$ dans lesquels R est un méthyle ou un éthyle et R' un vinyle ou un propényle, et d'autre part l'isomérisation des époxydes correspondants (II) et la déshalogénation des iodhydrines qui en dérivent (III). Les résultats que nous avons obtenus peuvent se résumer comme il suit.

1° Lorsque R est un méthyle et R' un vinyle, les trois réactions (I), (II) et (III) s'effectuent comme l'indiquent les schémas [dans (III), Ph=C^6H^5]



Transposition hydrobenzoïnique (migration du phényle).



Transposition semipinacolique (migration du vinyle).

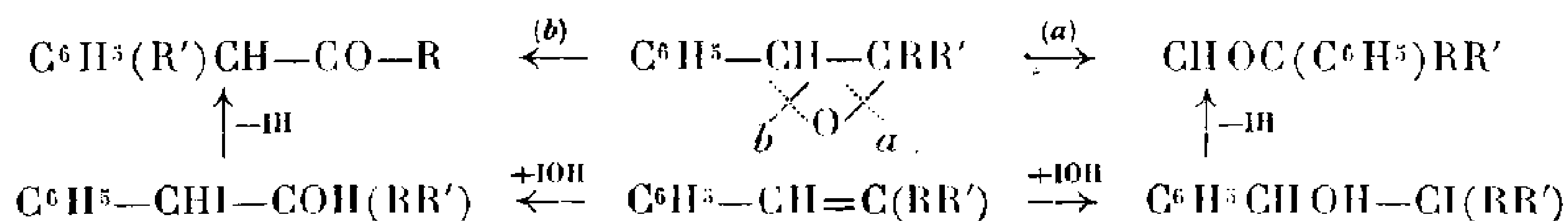
On peut donc conclure que les capacités affinitaires de C^6H^5 sont supérieures aux capacités associées de R et de R' ([1]).

2° Lorsque R est un éthyle et R' un vinyle et en recourant aux réactions (II) et (III) ([2]), on constate que le comportement est identique et l'on est conduit aux mêmes conclusions.

3° Lorsque R est un méthyle et R' un propényle et en recourant aux trois

([1]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1017; 212, 1941, p. 916.
([2]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1090; 212, 1941, p. 795.

réactions ci-dessus, on constate que c'est seulement pour la réaction (I) que le comportement est identique à celui exposé plus haut (1°), alors que, pour les réactions (II) et (III), la rupture de l'oxygène époxydique et la fixation de IOH sur le carbure diénique ont lieu dans les deux sens :



Nous avons donc pu conclure que les capacités affinitaires du phényle sont sensiblement égales ou légèrement inférieures aux capacités affinitaires associées de l'éthyle et du propényle.

Il restait à opposer au phényle les radicaux méthyle et propényle. A cet effet nous avons préparé le phényl-1 méthyl-2 pentadiène-1.3 et à partir de ce diène nous avons réalisé les trois réactions décrites ci-après. Les deux premières ont conduit, l'une et l'autre, au même produit aldéhydique, le phénylméthylpropénylacétaldéhyde, conformément aux réactions (I) et (II) formulées ci-dessus (transposition hydrobenzoïnique) alors que la troisième a fourni comme en (III) une cétone par transposition semipinacolique. Il en résulte que les capacités affinitaires du phényle sont inférieures à celle du méthyle et du propényle.

1° *Déshydratation du phényl-1 méthyl-2 pentène-3 diol-1.2 (α-phényl-β-β méthylpropénylglycol).* — Ce glycol (F 125-126°) a été obtenu en hydratant, par chauffage vers 70-80°, l'époxyde correspondant provenant du phénylméthylpentadiène (voir 2°). La déshydratation de ce glycol a été réalisée en le chauffant vers 110° avec SO^4H^2 à 30 % ; le produit formé est entraîné au cours de l'ébullition. On épuise à l'éther et, après évaporation du solvant, on distille dans le vide. On isole ainsi le phényl-méthyl-propénylacétaldéhyde (Eb_{16} 120°, Semicarbazone F 135-136°) que l'on soumet à l'hydrogénation catalytique ménagée sur le nickel de Raney. On obtient ainsi le phénylméthylpropylacétaldéhyde (Eb_{16} 101-102°, Semicarbazone F 190°) que l'oxydation argentique transforme en l'acide correspondant



$$C^6H^5(C^3H^7)(CH^3)C—CO^2H \quad (F\ 116\text{-}117°),$$

identique à l'acide préparé synthétiquement en faisant agir BrC^3H^7, puis $BrCH^3$ sur la cyanure de benzyle, puis en saponifiant le nitrile formé. Il y a donc transposition suivant le type hydrobenzoïnique avec migration du phényle.

2° *Isomérisation du phényl-1 méthyl-2 époxy-1.2 pentène-3.* — Pour préparer cet époxyde, on part du phényl-1 méthyl-2 pentadiène-1.3 (Eb_{18} 112-113°), qui résulte de la déshydratation de l'alcool provenant de l'action de $BrMgCH^3$ sur l'aldéhyde-α-méthylcinnamique. On fait agir sur ce carbure la chlorurée en solution acétique diluée. La chlorhydrine ainsi obtenue (*p*-nitrobenzoate, F 94-95°) n'est pas distillable

sans décomposition. On la soumet, en solution éthérée anhydre, à l'action de la potasse sèche pulvérisée et l'on isole l'époxyde cherché (Éb$_{16}$ 117-118°, n_D 1,560) dont la structure a été prouvée par hydrogénation catalytique qui le transforme en $C^6H^5CHOH-CH(CH^3)C^3H^7$ (paranitrobenzoate, F 65°) identique à l'alcool obtenu en faisant agir $ClMgCH(CH^3)C^3H^7$ sur C^6H^5-CHO. L'isomérisation de cet époxyde est réalisée soit par pyrocatalyse à 250-300° sur la terre d'infusoires (sous le vide), soit à froid par l'éthérate de Br^2Mg. Dans les deux cas, on isole le phényl-méthyl-propénylacétaldéhyde identique à celui obtenu ci-dessus (voir 1°); il y a donc transposition hydrobenzoïnique avec migration du phényle.

3° *Fixation de* IOH *sur le phényl-*1 *méthyl-*2 *pentadiène-*1-3 *et déshalogénation argentique de l'iodhydrine obtenue.* — On fait agir I et HgO sur une solution éthéro-aqueuse de phényl-1 méthyl-2 pentadiène-1-3. Après décantation et lavage avec une solution de IK, puis avec de l'eau, le soluté éthéré de l'iodhydrine formée est agité avec une solution concentrée d'azotate d'argent. On obtient une cétone, la phényl-3 hexène-4 one-2 ou son isomère, la phényl-3 hexène-3 one-2. Par hydrogénation catalytique, cette cétone conduit en effet à la phényl-3-hexanone-2 (semicarbazone, F 130°) identique au produit préparé en faisant agir CH^3MgI sur $C^6H^5CH(C^3H^7)CN$. Il y a transposition semipinacolique avec migration préférentielle du propényle. L'iode de IOH s'est donc fixé en 1; il s'ensuit que les capacités affinitaires associées du méthyle et du propényle sont supérieures à celles du phényle.

LITHOLOGIE. — *Sur une trachyandésite à kaersutite et cristobalite parmi les laves de la Chaîne des Puys.* Note [1] de M. Y. Bentor.

Au nord du Puy de Dôme s'élève le Puy de Clierzou, dôme d'extrusion visqueuse, constitué par une roche assez spéciale : elle est de couleur gris bleuâtre et offre un aspect trachytique. Sous le microscope sa composition est la suivante. Des phénocristaux d'*andésine* d'une teneur moyenne de An_{38}, atteignent une grandeur de 1 cm.; ils sont faiblement aplatis suivant g^1 (010) et montrent un très grand nombre de zones concentriques d'une teneur légèrement variable en anorthite. L'andésine est accompagnée d'un amphibole en forme de prismes allongés dont les propriétés optiques sont caractéristiques de la variété *kaersutite*. Plus rares sont des phénocristaux d'une *augite basaltique* possédant une bordure d'un *augite faiblement titanifère*. Ces phénocristaux se trouvent dans un verre rempli de petites tablettes d'un *oligoclase* à An_{20} en moyenne, de grains xénomorphes d'une *orthose sodique*, d'un peu de *pyroxène* et d'*ilménite*. Caractéristique est la présence

(1) Séance du 3 juin 1940.

de microlites de *cristobalite* en grains irréguliers imbriqués. La fréquence de ce minéral, qui est d'origine magmatique, est très variable. Dans les variétés les plus vitreuses de la roche il est réduit à quelques rares grains, tandis que dans les roches plus cristallines il forme une grande partie de la pâte.

La composition chimique ainsi que les paramètres de Niggli sont donnés dans le tableau ci-après sous le n° 1 (Bentor). Le type magmatique est *larvikitique*, *c* est plutôt bas, *alk* élevé, *k* grand, ce qui indique une légère tendance vers la série méditerranéenne, dans ce cas vers le magma *monzonitsyénitique*. L'appartenance à la série atlantique avec une valeur de *k* légèrement élevée, est caractéristique des roches de la Chaîne des Puys. Chimiquement, ce trachyandésite du Puy de Clierzou est très voisin de la *tönsbergite* de Bollärene, Tönsberg (cité dans Tröger, *Specielle Petrographie der Eruptivgesteine*, n° 184, p. 86, A du tableau). Parmi les roches effusives, je cite à titre de comparaison le *trachyte à hornblende* d'Antanifotsy (A. Lacroix, *Minéralogie de Madagascar*, III, n° 326, p. 26, B du tableau) et parmi les roches potassiques le *quartz-banakite* de l'Absaroka Range (Tröger, *op. cit.*, n° 266, p. 118, C du tableau). Je fais remarquer que ces mêmes provinces pétrographiques fournissent les roches les plus comparables à toutes les roches si diverses de la Chaîne des Puys.

	1.	2.	A.	B.	C.
SiO^2	59,84	60,74	59,44	58,39	60,89
Al^2O^3	17,24	17,12	18,85	18,11	17,14
Fe^2O^3	4,34	2,35	4,13	2,55	3,32
FeO	0,30	2,40	1,00	2,65	0,95
MgO	1,23	1,68	0,84	1,11	1,16
CaO	3,63	3,56	4,31	3,90	3,58
Na^2O	4,94	5,17	5,53	6,24	4,54
K^2O	3,74	4,28	3,71	3,74	5,71
TiO^2	1,32	1,47	1,08	1,18	0,49
MnO	0,22	0,20	0,11	–	0,09
P^2O^5	0,89	0,83	0,49	0,30	0,27
H^2O^+	1,82	0,41	0,46	0,94	1,22
H^2O^-	0,41	0,09	0,25	0,57	0,39
Σ	99,92	100,30	100,37	99,68	99,94

	1.	2.	A.	B.	C.
si	224	216,5	206	202	224
al	38	36	38,5	36,5	37
fm	20,5	22,5	18,5	20	19,5
c	14,5	13,5	16	14,5	14
alk	26,5	27,5	27	29	29,5
k	.33	.36	.31	.28	.45
mg	.34	.40	.24	.28	.34
qz	+17	+ 6	− 2	−14	− 6

La composition minéralogique quantitative de la roche est la suivante :

	%.	Moyenne %.
Cristobalite	0–10	7
Andésine	6–20	13
Oligoclase	12–35	22
Kaersutite	1–10	6
Minerai	0–2	1
Verre + acc. + feldspath alcalin	35–75	51

Le calcul minéralogique montre que le *verre* est composé virtuellement en majeure partie d'oligoclase et d'orthose dont on distingue sous le microscope une partie sous forme de minces cristaux indéterminables, mal individualisés, à contours flous. Le centre du Petit Suchet est constitué par la même roche, se trouvant également parmi les projections de l'ancien Pariou (2 du tableau; Bentor).

Cette roche occupe une place importante dans le système d'ensemble des roches de la Chaîne des Puys. D'un côté elle forme le terme extrême du groupe très complexe des trachyandésites, qui est en outre représenté par les *trachyandésites basiques à labrador et hornblende* (type magmatique : *normaldioritique*, coulée supérieure du Puy de Dôme) et les *trachyandésites intermédiaires sans phénocristaux* (type : coulées supérieures de la Nugère et du Pariou, type magmatique : maenaïtique respectivement essexitakéritique). Cependant, d'après son mode d'apparition géologique (formation de dômes), ainsi que par sa position dans l'ensemble de la différenciation magmatique de cette province, le trachyandésite du Puy de Clierzou est intimement lié aux trachytes s. str. (p. ex. dômite du Puy de Sarcoui; type magmatique : *nordmarkitique*), auquel il passe minéralogiquement par une

augmentation du feldspath alcalin (orthose et surtout anorthose) aux dépens du plagioclase. Ainsi ce trachyandésite comble la lacune qui existait jusqu'à présent entre les roches basiques et les roches acides de la Chaîne des Puys. En réalité, les laves de cette région résultent d'une différenciation magmatique complète allant de laves ultrabasiques (essexibasaltes), sans interruption, jusqu'aux types les plus acides (trachytes à cristobalite).

TOXICOLOGIE. — *Inactivation de la toxicité de la tuberculine vis-à-vis du Cobaye tuberculeux, par action sous vide de quelques substances chimiquement définies.* Note de MM. **Ernest Fernbach** et **Georges Rullier**, présentée par M. Richard Fosse.

Nous avons attiré l'attention ([1]) sur l'acide ascorbique et le glutathion, dont la présence a été signalée en quantité relativement considérable dans les capsules surrénales.

En 1936, Reichstein a réussi à isoler de la partie corticale des glandes surrénales un produit cristallisé de formule générale $C^{21}H^{34}O^{5}$, soluble dans l'eau et dans quelques solvants organiques. Il a désigné ce corps sous le nom de cortine; sa formule de constitution le rapprocherait beaucoup des hormones sexuelles et en particulier de l'hydroxy-21-progestérone, dont il ne différerait que par l'absence d'un quatrième oxygène, permettant de considérer ce dernier comme une désoxycorticostérone.

Aussi intéressant qu'il nous ait pu paraître, ce produit n'existant pas dans le commerce, il nous a été impossible, dans les circonstances actuelles, de nous le procurer. Nous nous sommes donc contentés, dans cette nouvelle série d'expériences, d'étudier seulement l'action de l'acide ascorbique d'une part et celle du glutathion d'autre part.

Expérience du 26 février 1941. — Cette expérience, pour être comparative, a été calquée sur celle que nous avons relatée dans notre Note du 4 juin ([1]).

On prépare, avec toutes les précautions aseptiques d'usage, 2 tubes

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 960.

contenant

1. glutathion....... 5^{cg}, tuberculine brute de l'I. P.... 5^{cm^3},
2. acide ascorbique... » » » .... »

Ces doses, il faut bien le reconnaître, ont été déterminées un peu empiriquement puisque l'on ignore les quantités de glutathion ou d'acide ascorbique qui sont susceptibles de réagir sur la tuberculine. Notre seul guide fut notre première expérience, dont le résultat avait été positif. En faisant agir aux mêmes doses que l'extrait surrénal total des produits bien définis, il nous paraissait légitime de penser que ces doses seraient largement suffisantes.

Aussitôt après le remplissage, les deux tubes sont soumis au vide, le n° 1 pendant 35 minutes (vide de 3^{mm}), le n° 2 pendant 25 minutes seulement et sous un vide de 5^{mm} (variations de pression dans la trompe). Une circonstance indépendante de notre volonté a malheureusement écourté quelque peu la durée de l'action du vide. Nous notons le fait, vu le résultat un peu moins net que nous avons obtenu avec ce dernier tube.

Les deux tubes sont scellés sous vide et portés à l'étuve à 37°, pendant 55 jours.

Le 28 avril 1941, chacun des tubes est ouvert et ramené à 40^{cm^3} par addition d'eau distillée stérile, ce qui représente pour chaque tube 20 doses mortelles de tuberculine, s'il ne s'est produit au contact des substances mises en expérience aucun changement dans l'activité du pouvoir toxique de la tuberculine.

Il est immédiatement injecté sous la peau du flanc droit à chacun des animaux tuberculinisés, au préalable, par inoculation le 13 mars précédent, donc depuis 46 jours, de la souche de B. K. Vallée bovins (collect. de 2^{cm^3}, soit une dose supposée mortelle à chacun des animaux du tube n° 1 l'I. P.), pour le premier lot d'animaux et la même dose du tube n° 2 pour le second lot d'animaux.

Les résultats de cette expérience sont constatés 24 heures après, le 29 avril 1941.

Résultats et réflexions sur cette expérience. — Tous les animaux inoculés avec le tube n° 1 (glutathion + tuberculine) sont vivants et bien portants.

Un animal sur les deux qui ont été inoculés avec le contenu du tube n° 2 a succombé dans les délais normaux de l'intoxication tuberculinique.

L'autopsie de cet animal a d'ailleurs bien prouvé que la mort était bien due à la tuberculine.

L'autre animal du même lot a résisté et est resté vivant. Ces deux animaux appartenaient à la variété albinos et celui qui a résisté était beaucoup plus jeune que son congénère.

En ce qui concerne l'action du glutathion, le résultat est net. L'inactivation de la tuberculine est complète. Mais comment expliquer le résultat douteux obtenu avec le contenu du tube n° 2? S'agit-il d'une simple question de dosage? Ce que nous avons dit au moment de l'exposition du protocole de l'expérience n'est pas en faveur de cette hypothèse. Ce résultat douteux obtenu avec l'acide ascorbique nous apparaît dû surtout au fait que l'action du vide n'a pas été suffisamment prolongée à un degré convenable; une variation de pression dans la trompe ne nous a pas permis de dépasser un vide de 5^{mm} dans le tube n° 2, alors que nous avions atteint 3^{mm} aussi bien dans notre expérience sur l'extrait total de capsules surrénales que dans le tube contenant le glutathion. Signalons cependant l'action complexe du glutathion sur l'acide ascorbique, comme l'ont montré Lœper-Cottet et Lesure dans l'intoxication phosphorée, action qui se manifeste par une réduction de l'acide ascorbique oxydé au cours des phénomènes vitaux. Il se peut qu'une action de même ordre se soit produite avec l'extrait surrénal total, qui contient, comme on le sait, à la fois de l'acide ascorbique et du glutathion.

De l'expérience que nous publions aujourd'hui, nous ne voulons retenir que le fait de l'inactivation d'au moins 20 doses mortelles de tuberculine par 5^{cg} de glutathion, sans préjuger si ce glutathion agit sous la forme thiol ou sous la forme sulfure. Il nous sera d'ailleurs facile de distinguer ces deux actions par le pouvoir décolorant de la première forme sur le bleu de méthylène.

EMBRYOLOGIE TÉRATOLOGIQUE. — *Sur la présence des ébauches hépatiques dans les embryomes congénitaux d'origine gémellaire.* Note [1] de MM. **Albert Peyron**, **Bernard Lafay** et **Bernard Ninard**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les ébauches hépatiques ont été signalées depuis longtemps dans les tumeurs à tissus multiples de la région sacro-coccygienne, mais on ne

---

[1] Séance du 28 juillet 1941.

s'était pas attaché à préciser leur embryologie topographique, ni leur histogenèse. Nous les retrouvons dans 6 cas : dans l'un d'eux, elles ont été le point de départ d'un épithéliome massif; dans les cinq autres, leur structure est restée normale et correspond à celle du foie embryonnaire, entre la 6e et la 10e semaine. Les ébauches hépatiques et pancréatiques sont généralement associées, consitutant d'innombrables nodules pluricentriques de structure mixte, dont chacun montre : *a.* un ou plusieurs microkystes correspondant, soit au duodénum, soit aux ébauches des voies biliaires extra ou intra-hépatiques; *b.* des amas contigus, mais toujours distincts, des deux tissus, pancréatique et hépatique. Ce dernier est constitué par des travées irrégulièrement anastomosées, les unes compactes, les autres creusées d'une lumière parfois réduite (canalicules biliaires). L'orientation radiaire de ces travées, autour d'une veine centrale sushépatique (lobule secondaire), fait toujours défaut; on observe seulement et par places, une orientation, d'ailleurs incomplète, autour de l'espace porte (lobule primaire). Un fait capital est la persistance fréquente des connexions entre les îlots hépatiques et certains microkystes, dont le revêtement est remplacé, sur une certaine étendue, par les travées elles-mêmes. Toutefois, le plus souvent, les nodules adhèrent simplement à la paroi du microkyste.

Les vaisseaux sinusoïdes s'observent dans certains amas et font défaut dans d'autres; en particulier, le centre des volumineux massifs en est souvent dépourvu. Ces formations hépatiques sont d'autre part en rapport avec des cellules sanguines, et les embryomes gémellaires offrent un intérêt particulier pour la question, si longtemps discutée, de l'origine de ces dernières. En effet l'absence de formations annexielles (vésicule ombilicale, amnios, cœlome extra-embryonnaire, trophoblaste) élimine l'action de l'aire vasculaire extra-embryonnaire et isole, de façon quasi expérimentale, les éléments de la période hépatique. Dans ces conditions, on observe facilement, au voisinage des îlots, une hématopoïèse périphérique, dont les stades évolutifs, à la fois dissociés et ralentis, sont plus faciles à analyser que chez l'embryon normal. Ou peut ainsi vérifier la genèse, aux dépens du mésenchyme, des cellules souches de la lignée sanguine (hémocytoblastes de Ferrata), parfois très abondantes et réparties en groupes isogéniques. Notre matériel permet d'écarter formellement l'opinion des auteurs (Aron) qui crurent observer la transformation des cellules hépatiques en hémogonies.

En résumé, dans nos cinq embryomes, en dépit de la morphologie

irrégulière et en apparence anarchique de la tumeur (pot-pourri histologique), la détermination des ébauches hépatiques et leur différenciation jusqu'au stade du troisième mois fœtal ont pu s'effectuer régulièrement. La multiplicité et l'indépendance des nodules matriciels, à structure mixte



Embryome de la région sacro-coccygienne.
Vue d'ensemble d'un ilot hépatique, avec hématopoièse périphérique. En bas, troncs veineux séparés de l'ilot par une zone de mésenchyme, avec cellules sanguines; ces dernières font défaut à l'intérieur du massif. Dans certaines travées hépatiques, on reconnait une lumière centrale. Coloration à l'éosine-orange-toluidine.

hépato-pancréatique, ne sauraient s'expliquer par une fragmentation parallèle des deux ébauches primitives respectives, elles traduisent, au contraire, l'apparition précoce, au niveau de l'endoderme du futur intestin moyen de l'embryon, de zones germinatives métamériques à potentiel hépato-pancréatique. Cette notion fondamentale des adénomères, établie par Weber, trouve ainsi une confirmation décisive dans l'étude de nos embryomes. Toutefois, si les facteurs d'organisation embryonnaire jouent ici leur rôle habituel, dans la genèse et la différenciation de ces ébauches primitives, leur action s'arrête à ces stades : la confluence secondaire des nodules adénomériques n'est jamais réalisée. C'est pourquoi

l'ébauche anatomique définitive, ou pédiculée, fait toujours défaut. Au contraire, le nombre des adénomères, qui est assez réduit dans le blastoderme normal, peut s'élever ici à plusieurs milliers, en raison précisément de l'absence ou de l'insuffisance des facteurs de régulation et d'inhibition. D'autre part, la présence de ces ébauches hépatiques, comme celle des glandes génitales antérieurement établie (2), montre l'erreur commise par divers pathologistes (Nicholson et Willis), qui ont contesté à la fois l'action des facteurs primaires d'organisation et les liens génétiques de l'embryome avec un blastoderme distinct de celui du porteur.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

(2) Peyron, Bonnard et Lafay, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1190; *C. R. Soc. Biol.*, 130, avril 1939, p. 1577.

ERRATA.

(Séance du 21 avril 1941.)

Note de M. *Pierre Laurent*, Les déformations subpermanentes des métaux :

Page 666, ligne 23, *lire* Soit e_1 la contraction élastique de F_1, e la contraction la contraction totale à l'instant t....

Page 667, ligne 2, supprimer la virgule après la formule.

(Séance du 19 mai 1941.)

Note de M. *Louis Bachelier*, Probabilité des oscillations maxima :

Page 837, ligne 22, *au lieu de* $\sqrt{\pi}$, *lire* π.

(Séance du 21 juillet 1941.)

Note de M. *Paul Bertrand*, Anatomie comparée des Ptéridospermes et des Filicales primitives :

Page 144, ligne 11 en remontant, au lieu de *Asteroxydon*, lire *Asteroxylon*.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 11 AOUT 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** annonce à l'Académie que le tome 211 des *Comptes rendus* (juillet-décembre 1940) est en distribution au Secrétariat.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la teneur en bore des graines.* Note de MM. **GABRIEL BERTRAND** et **LAZARE SILBERSTEIN**.

De très nombreuses déterminations quantitatives de bore, plusieurs centaines, ont été effectuées soit chez des plantes entières, soit chez des organes séparés, à l'exclusion toutefois à peu près totale des graines. Les résultats que nous apportons aujourd'hui ont pour tendance de combler cette lacune.

Dans l'intention de servir autant que possible l'intérêt théorique et l'intérêt pratique, nous avons choisi la plus grande partie des graines que nous avons examinées parmi celles qui servent de semences en agriculture, qui sont employées comme matières premières dans l'industrie ou qui sont utilisées pour la nourriture de l'homme et des animaux. Nous n'avons pas oublié, néanmoins, de nous adresser à des représentants très variés de la classification botanique. Parmi les céréales, le froment, le seigle, le maïs, l'orge, le sarrazin et l'avoine ont été pris sous les formes que l'on rencontre d'ordinaire dans le commerce; le riz, au contraire, a été retiré par nous des grains de paddy et nous avons analysé l'amande entière ou *riz rouge*, à l'exclusion de la dure enveloppe qui constitue la balle. Le café, le cacao

et le poivre noir provenaient tels quels du commerce, tandis que nous avons séparé les graines ou noyaux de dattes du péricarpe charnu et sucré qui les enveloppait. Les autres graines, depuis le radis, le pois et le lin jusqu'au chanvre, au ricin et au marron d'Inde, ont été analysées de telle manière que les chiffres que nous donnons se rapportent à la graine entière, c'est-à-dire à l'ensemble amande et tégument.

Faisons remarquer enfin, que, dans le cas des Ombellifères, où il est très difficile de séparer la graine du péricarpe et du calice qui la protègent, ce que nous avons étudié sous le nom communément employé de *graine* n'est autre que le fruit.

Pour l'analyse, les graines, ou prétendues telles, ont été d'abord bien nettoyées, parfois lavées et séchées, puis triées une à une et passées au moulin. Lorsque le tégument et l'amande étaient de consistances trop différentes, comme dans le cas du marron d'Inde, on a analysé séparément les deux parties et l'on a tenu compte, dans le calcul, de leurs proportions respectives comme de leurs teneurs propres en bore.

La méthode de dosage a été, comme dans nos recherches antérieures, la méthode microcolorimétrique, ce qui a permis d'opérer sur des prises d'essai de l'ordre du gramme (entre $0^g,8$ et $1^g,1$ dans la presque totalité des cas).

Graines.	Bore en mg/kg de matière sèche.	Graines.	Bore en mg/kg de matière sèche.
Avoine (G)	7,1	Moutarde blanche (C)	12,2
Cacao	7,8	Chanvre	12,5
Café	7,8	Orge (G)	13,3
Seigle (G)	8,9	Lentille (P)	13,4
Maïs (G)	9,4	Pois (P)	13,6
Riz (G)	9,4	Pavot	13,6
Persil	9,8	Céleri	13,7
Luzerne (P)	9,9	Trèfle incarnat (P)	13,7
Dattier	10,2	Pois chiche (P)	14,0
Blé (G)	10,4	Radis (C)	14,3
Tabac des paysans	10,4	Moutarde noire (C)	15,0
Marron d'Inde	10,6	Ricin	15,4
Fève (P)	10,7	Haricot (P)	16,7
Lin	10,7	Poivre	18,6
Soja (P)	11,1	*Iberis umbellata* (C)	18,7
Colza (C)	11,4	Anis	19,9
Sarrazin	11,4	Ciguë	20,6
Fenu grec	12,1		

Les résultats actuels de cette étude sont présentés dans le tableau ci-contre par ordre croissant de la teneur en bore, rapportée à la matière sèche. Les majuscules G, P et C, apposées aux noms des graines, indiquent que celles-ci appartiennent aux familles des Graminées, des Papilionacées et des Crucifères.

Un examen quelque peu attentif de ces résultats permet de faire plusieurs remarques intéressantes.

En premier lieu, le bore existe dans toutes les graines examinées, ce qui étend à ces importants organes de conservation et de multiplication une règle de caractère général qui n'avait encore été démontrée expérimentalement que pour les appareils végétatifs.

On rencontre le bore dans les graines à des teneurs comprises entre $7^{mg},1$ et $20^{mg},6$ par kilogramme de matière sèche, c'est-à-dire à des doses ne différant pas les unes des autres de plus de 1 à 3.

Chez les plantes qui les produisent, les quantités de bore sont beaucoup plus variables, elles ont été trouvées jusqu'ici entre $2^{mg},3$ et 95^{mg} par kilogramme de matière sèche, s'élevant ainsi dans un rapport qui va de 1 à 40.

La compression dans les teneurs en bore, quand on passe des plantes aux graines, tend à masquer la règle de répartition du métalloïde entre les groupes végétaux sur laquelle nous sommes revenus il y a peu de temps [1], mais elle ne la masque pas en entier : les graines de Graminées sont toujours parmi les plus pauvres, celles de Papilionacées et de Crucifères se tiennent le plus souvent encore en bonne place.

Une nouveauté apparaît : les graines d'anis et de ciguë, qui appartiennent à la famille des Ombellifères, sont celles qui, de toute la liste, renferment le plus de bore. Mais il ne faut pas oublier, avant de tirer de ces exemples une conclusion que ne sanctionneraient peut-être pas de nouvelles recherches, l'observation que nous avons faite plus haut au sujet des prétendues *graines* d'Ombellifères.

Enfin une conséquence de particulier intérêt physiologique découle de l'inégale concentration du métalloïde dans les graines et dans les plantes. Chez les espèces qui sont relativement riches en bore, les graines renferment des proportions de métalloïde notablement plus petites que les plantes. C'est l'inverse qui se produit chez les espèces les plus pauvres. Tout se passe comme s'il existait chez ces dernières un mécanisme compensateur assurant à la graine un approvisionnement en bore peu éloigné de

---

(1) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 624.

celui qui existe dans les graines des espèces les mieux pourvues. Le passage des substances minérales du corps de la plante dans les graines n'est donc peut-être pas aussi simple qu'on l'avait d'abord supposé.

CORRESPONDANCE.

ASTROPHYSIQUE. — *Nouvelle identification dans le spectre solaire de bandes appartenant à la molécule* CH. Note (1) de M. **Jean Dufay**, transmise par M. Charles Fabry.

1. La molécule CH est représentée dans le spectre solaire par la bande 4300 Å, constituant important de la bande G, et par des bandes plus faibles vers 3900 et 3143 Å (2). Il s'agit des transitions $0 \to 0$ des systèmes $^2\Delta \to {}^2\Pi$, $^2\Sigma^- \to {}^2\Pi$ et $^2\Sigma^+ \to {}^2\Pi$.

L'analyse complète de la bande de Raffety, que j'ai effectuée récemment à partir des mesures précises de H. Grenat (3), me conduit à la considérer comme la bande $1 \to 1$ du système $^2\Sigma^- \to {}^2\Pi$. De même, une analyse plus sommaire de la bande 3157 Å, faite d'après les mesures de Richardson-Pettit (2), confirme le fait qu'il s'agit de la bande $1 \to 1$ du système $^2\Sigma^+ \to {}^2\Pi$. Il est donc indiqué de rechercher si ces deux bandes figurent dans le spectre solaire, en comparant les longueurs d'onde mesurées au laboratoire à celles des raies solaires contenues dans la Révision des Tables de Rowland (4).

2. *Bande de Raffety.* — Sur 50 raies mesurées par Grenat, 20 coïncident à peu près avec des raies solaires identifiées d'une manière certaine ou très probable. Le tableau I montre que, parmi les 30 autres, 29 coïncident avec des raies solaires non identifiées. Les différences de longueurs d'onde atteignent au plus 0,040 Å; leur moyenne algébrique est inférieure à 0,001 Å; leur moyenne quadratique est 0,018 Å (Richardson a trouvé 0,013 Å dans le cas de la bande 3900). Pour 24 raies les écarts ne dépassent pas 0,025 Å.

(1) Séance du 16 juillet 1941.

(2) R. S. Richardson, *Astrophysical Journal*, 77, 1933, p. 195.

(3) *Comptes rendus,* 192, 1931, p. 1553.

(4) *Carnegie Institution of Washington,* Publ. n° 396, 1928.

TABLEAU I.

λ ⊙.	i ⊙.	Δλ(⊙ — CH).	CH.	λ ⊙.	i ⊙.	Δλ(⊙ — CH).	CH.
4025,311	−2	+0,011	$R_2(4)$	4044,384	−1	−0,011	$P_2(2)$
4025,826	2	−0,005	$R_1(4)$	4048,077	1 N	+0,012	$Q_1(5)$
4026,073	0	−0,019	$R_1(3)$, $R_2(5)$	4057,736	−2	+0,005	$P_2(4)$
4026,314	−1	+0,030	$R_2(2)$	4059,227	0	+0,018	$Q_2(7)$
4027,252	−1	−0,006	$R_1(2)$	4059,508	0	+0,012	$Q_1(7)$
4027,945	0	+0,025	$R_2(6)$	4066,006	−1	−0,017	$P_1(5)$
4029,450	0N	+0,012	$R_1(1)$	4066,286	0	+0,004	$Q_1(8)$
4033,800	−1	+0,001	$Q_2(1)$	4074,339	0N	+0,002	$P_2(6)$
4036,668	−2	−0,012	$Q_1(1)$	4074,686	2	−0,015	$P_1(6)$
4037,124	2	−0,016	$Q_2(2)$	4075,319	0Nd?	−0,003	$Q_1(9)$
4037,440	−2	+0,037	${}^{P}Q_{1-2}(1)$	4084,000	0Nd?	−0,022	$P_2(7)$
4038,126	0	+0,011	$Q_1(2)$	4084,328	0N	−0,025	$P_1(7)$
4040,511	−1N	−0,010	$Q_1(3)$	4094,700	0N	−0,019	$P_2(8)$
4043,363	0N	+0,040	$Q_2(4)$	4106,736	0N	−0,006	$P_1(9)$
4043,809	0	−0,021	$Q_1(4)$				

3. *Bande* 3157 Å. — Richardson a mesuré les longueurs d'onde de 27 raies de la bande 3157 Å non superposées à des raies de la bande 3143. 15 d'entre elles peuvent être considérées comme masquées, dans le spectre solaire, soit par des raies métalliques connues, soit par des raies de la bande de OH. A chacune des 12 autres, on peut faire correspondre une raie solaire non identifiée, comme le montre le tableau II. Mais la moyenne algébrique des différences de longueurs d'onde atteint cette fois +0,028 Å. Richardson avait trouvé une différence de même sens et du même ordre de grandeur (+0,038 Å) entre les longueurs d'onde des raies solaires et celles de la bande 3143, en utilisant la série de mesures dont je me sers pour la bande 3157. Compte tenu de cette différence systématique, la moyenne quadratique des écarts, tous inférieurs à 0,030 Å, devient 0,018 Å (0,019 Å dans le cas de la bande 3143).

TABLEAU II.

λ ⊙.	i ⊙.	Δλ — 0,028.	CH.	λ ⊙.	i ⊙.	Δλ — 0,028.	CH.
3123,562	1	−0,028	R(14)	3194,525	1	−0,018	P(13)
3128,387	0	+0,017	R(11)	3201,013	1	+0,028	P(15)
3134,397	1	+0,028	R(8)	3204,285	2Nd?	−0,001	P(16)
3145,991	1	+0,003	R(3)	3211,285	−1	−0,015	P(18)
3164,686	1	−0,017	P(3)	3214,865	−2	+0,010	P(19)
3191,415	0	−0,019	P(12)	3226,892	−1	+0,009	P(22)

4. Un calcul simple permet d'évaluer le nombre probable des coïncidences fortuites (à 0,03 ou 0,04 Å près) entre les raies solaires et celles de CH. La valeur obtenue est très voisine du nombre des coïncidences observées avec les raies solaires déjà identifiées. Mais, pour les deux bandes, le nombre des coïncidences observées avec des raies solaires non identifiées est environ trois fois plus grand que le nombre probable des coïncidences fortuites.

On s'attend d'autre part à ce que les raies solaires attribuées à la bande de Raffety et à la bande 3157 Å soient, en moyenne, plus faibles que les raies attribuées aux bandes $0 \rightarrow 0$ des mêmes systèmes. La diminution de l'intensité moyenne des raies solaires est effectivement bien marquée, quand on passe de la bande 3900 Å à la bande de Raffety (près d'une unité et demie de l'échelle de Rowland); elle est moins nette quand on passe de la bande 3143 à la bande 3157 Å (moins d'une demi-unité de l'échelle).

En définitive, on peut tenir pour certaine la présence de la bande de Raffety dans le spectre solaire et pour très probable celle de la bande 3157 Å.

ASTROPHYSIQUE. — *Sur la mesure des intensités totales des raies dans les spectres stellaires.* Note de MM. **Daniel Barbier**, **Daniel Chalonge** et Mlle **Nina Morguleff**, présentée par M. Ernest Esclangon.

La mesure de l'intensité totale d'une raie spectrale comporte la détermination précise de son contour, puis la mesure de l'aire comprise entre ce contour et le fond continu sur lequel se détache la raie. Cette méthode est d'une application pénible et devient théoriquement illusoire lorsque la dispersion et le pouvoir résolvant du spectrographe utilisé sont faibles. Öhman (1) a démontré et vérifié que l'on peut, dans ce cas, obtenir une bonne évaluation de l'intensité totale des raies d'un spectre stellaire à partir d'un enregistrement microphotométrique de ce spectre fait avec une fente (du microphotomètre) plus large que les raies les plus larges que l'on se propose d'étudier : l'intensité totale d'une raie est alors représentée par la valeur de $\log I_0/I$, où I représente l'intensité du point le plus bas du crochet qui figure cette raie et I_0 l'intensité du fond continu à la même longueur d'onde (2).

Nous avons appliqué la méthode d'Öhman à l'étude des raies H_γ, H_δ

(1) *Nova Acta Reg. Scient. Upsal.*, 4e série, 6, n° 5, 1925.

(2) Ce fond continu étant obtenu par interpolation.

et K des spectres stellaires qui nous ont servis lors de nos recherches sur le fond continu des étoiles ([3]). Nous avons vérifié tout d'abord, que, pour des déterminations portant sur les mêmes étoiles, nous étions en bon accord avec Öhman, prouvant ainsi que de telles mesures sont indépendantes des observateurs, de leur matériel et des variantes du mode opératoire et possèdent par suite une valeur propre.

Nous avons comparé ensuite nos résultats aux déterminations très précises faites, à partir du contour des raies, par S. Günther ([4]), sur des étoiles dont un grand nombre sont communes avec celles que nous avons considérées ([5]). Les deux séries de mesures sont bien comparables pour les intensités faibles, mais divergent très notablement pour les intensités fortes. Si l'on représente, sur un graphique, chaque détermination de l'intensité d'une raie stellaire (H_γ, par exemple) par un point ayant pour abscisse le résultat de Günther et pour ordonnée le nôtre, les divers points se placent au voisinage immédiat d'une courbe : les écarts entre les points individuels et cette courbe sont du même ordre de grandeur que nos erreurs de mesure. Il est en outre important de noter que c'est la même courbe qui convient pour toutes les étoiles quels que soient leur type spectral, leur magnitude ou leurs caractéristiques secondaires (supergéantes, étoiles à émission). On peut donc conclure que la méthode de la fente large permet bien de faire des déterminations d'intensité totale de raies, mais dans une échelle arbitraire qu'il est d'ailleurs facile d'étalonner par comparaison avec les données fournies par la méthode correcte indiquée au début de cette Note.

Notre étude a porté sur 200 étoiles et nous a conduits aux conclusions suivantes :

1° Les intensités des raies H_γ et H_δ sont en corrélation très étroite entre elles. Il suffit, par suite, de comparer l'une d'elles aux autres paramètres intéressants.

2° Pour les étoiles normales, H_γ passe par un maximum au voisinage du type spectral A2 et K croît constamment lorsqu'on va des premiers types vers les types plus avancés.

3° Pour les étoiles supergéantes, H_γ varie assez peu et passe par un

([3]) *Annales d'Astrophysique* (sous presse).

([4]) *Veröff. Sternwarte Göttingen*, 1933, n° 36.

([5]) Günther avait lui-même comparé ses mesures à celles d'Elvey et de E. G. Williams et vérifié l'accord des trois groupes de déterminations : il suffit donc de comparer nos résultats à ceux de Günther.

maximum peu accentué vers le type FO. La raie K, qui est plus faible que pour les étoiles normales pour le type A, devient, en moyenne, plus forte pour le type F; les résultats ont, toutefois, une dispersion considérable.

4° Nous avons comparé les intensités de H_γ et K à la grandeur et à la position de la discontinuité de Balmer qui, ainsi que nous l'avons déjà indiqué [6], sont deux variables en liaison très étroite avec le type spectral et la magnitude absolue [7].

L'intensité de H_γ est fonction des deux grandeurs considérées ici; celle de K ne présente avec elles qu'une corrélation assez lâche.

5° Les intensités totales des raies H_γ, H_δ sont naturellement plus faibles pour les étoiles à émission que pour les étoiles normales.

6° L'intensité totale (en émission) des raies H_γ et H_δ de Gamma Cassiopeiæ a été suivie de 1935 à 1939. Elle a passé par un maximum vers la fin de 1937.

ULTRASONS. — *La modulation de la lumière en haute fréquence par les ondes stationnaires ultrasonores.* Note [1] de M. **Georges Goudet**, présentée par M. Aimé Cotton.

La modulation de la lumière à fréquence élevée (de l'ordre de 10^7) peut être réalisée soit par excitation en haute fréquence d'un tube à gaz raréfié, soit par la cellule de Kerr, soit enfin par la diffraction de la lumière par les ondes stationnaires ultrasonores [2]. Ce dernier procédé présente plusieurs avantages : à l'inverse du premier, il fournit une modulation profonde; à l'inverse du second, il est utilisable sans difficulté dans l'ultraviolet, et il n'exige qu'une puissance et une tension oscillantes infimes.

Le dispositif modulateur est représenté figure 1 : Q est une lame de quartz piézoélectrique carrée de 35^{mm} de côté, à faces perpendiculaires à l'axe électrique. Elle est taillée de manière à reposer sur son plan médian qui

(6) *Annales d'Astrophysique*, 2, 1939, p. 254.

(7) Unsöld et Struve ont récemment (*Astroph. Journal*, 91, 1940, p. 365) déterminé le nombre de raies de Balmer observables dans diverses étoiles. Ce nombre, ainsi que nous l'avons montré, est fonction des deux grandeurs relatives à la discontinuité de Balmer.

(1) Séance du 16 juillet 1941.

(2) Lucas et Biquard, *J. de Ph.*, 3, 1932, p. 464; Maercks, *Ph. Z.*, 37, 1936, p. 562; Becker, *Z. Hochfrequenztech.*, 48, 1936, p. 89.

est un plan nodal de vibration et recouverte sur ses deux faces d'aluminium par évaporation dans le vide. Elle est excitée sur son harmonique 3, de fréquence N 9,558.10^6, à l'aide d'un oscillateur à deux étages (6 L 6 et 807 RCA) piloté par quartz. R est un réflecteur-plan d'acier inoxydable amené par réglage optique à être parallèle à Q.

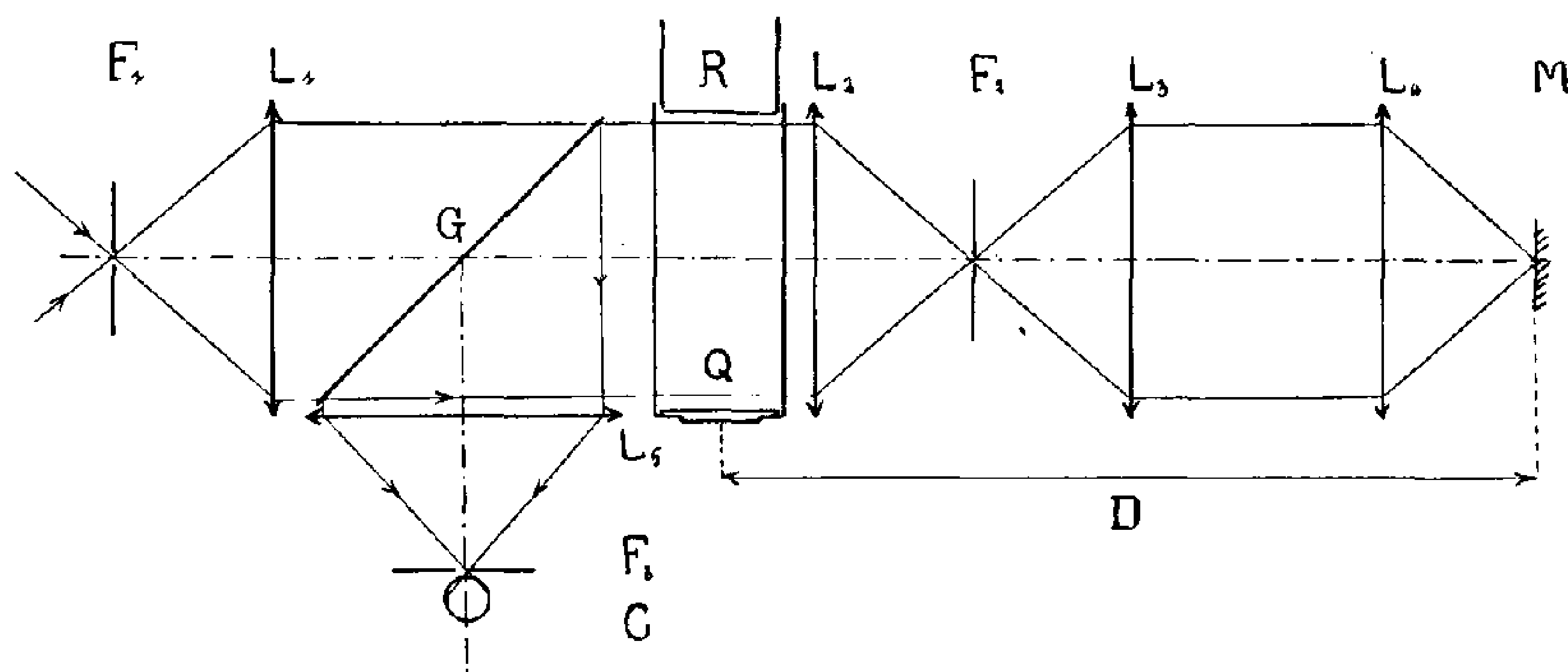


Fig. 1.

Le liquide, siège d'ondes stationnaires, placé entre Q et R, est du xylène. La cuve modulatrice est éclairée en lumière blanche parallèlement aux plans d'onde (fente F_1 et lentille L_1). La lentille L_2 donne dans son plan focal les spectres de diffraction. La fente F_2, placée dans ce plan, permet d'isoler la tache centrale dont l'éclairement est modulé à la fréquence 2N.

Détermination de la courbe de modulation. — Soit $\Phi(t)$ le flux lumineux qui traverse la fente. Il n'est pas possible de déterminer la fonction Φ en calculant l'amplitude P_v de pression aux ventres de l'onde stationnaire, puis l'amplitude d'indice de réfraction correspondante (formule de Lorentz-Lorenz), et en appliquant alors les formules de diffraction de Raman et Nagendra Nath. Ces formules ne sont en effet valables ([2]) que sous la condition

$$\frac{l\lambda}{\lambda_2^2} < \frac{1}{2}$$

(l, largeur du faisceau ultrasonore; λ, longueur d'onde lumineuse; λ_2, longueur d'onde ultrasonore). Or, dans le cas étudié qui correspond à des conditions de bonne stabilité et de modulation profonde, $l\lambda/\lambda_2^2$ est supérieur à 1.

([2]) Rytov, *Actualités Scientifiques et Industrielles*, Paris, 613.

Pour déterminer expérimentalement la fonction $\Phi(t)$, il suffit de faire parcourir au faisceau modulé un chemin optique variable D et de lui faire traverser une seconde fois la cuve modulatrice.

Il est alors dévié sur le côté par une glace semi-platinée G. Le flux qui va former la nouvelle tache centrale est reçu sur une cellule photoélectrique qui en mesure la valeur moyenne φ.

Soit

$$\Phi(t) \equiv \Phi_0(a_0 + a_1 \cos \omega t + \ldots + a_n \cos n \omega t + \ldots)$$

le développement en série de Fourier de $\Phi(t)$.

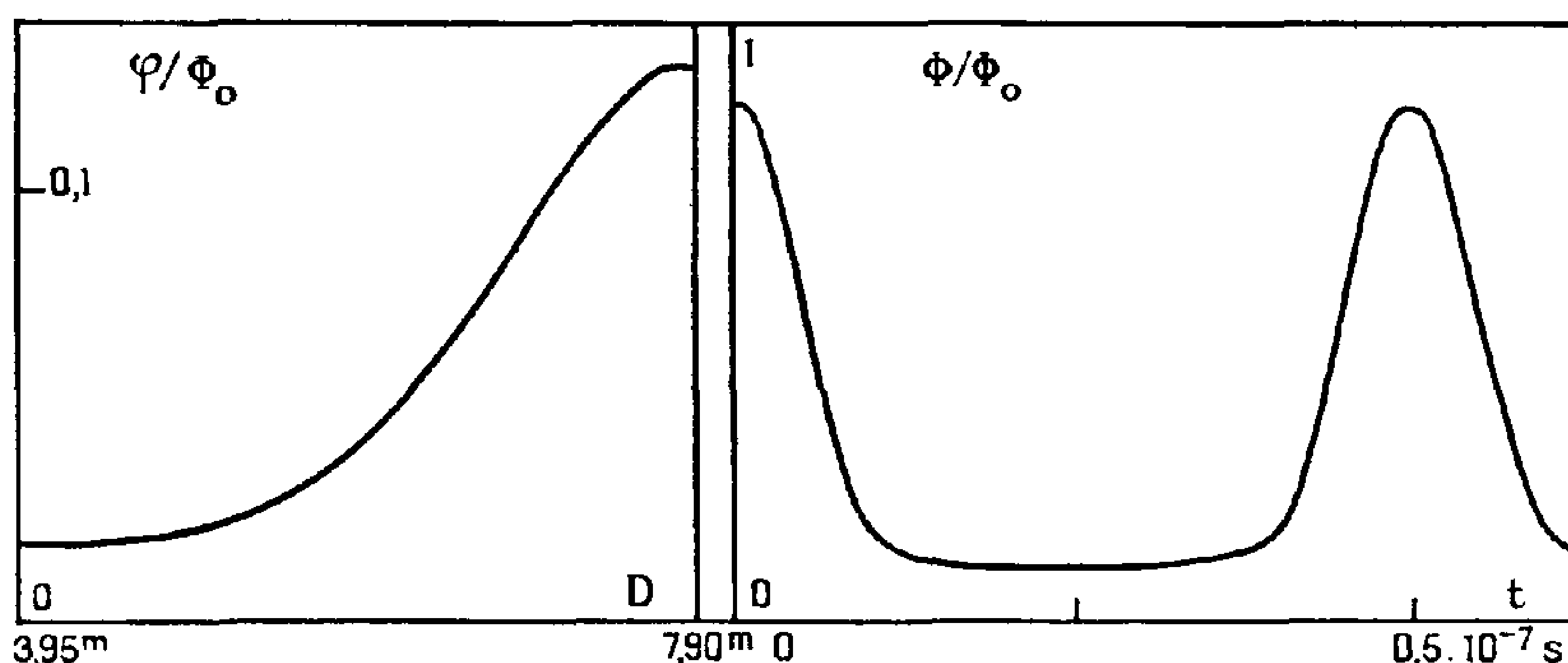


Fig. 2. Fig. 3.

Le flux φ est une fonction périodique de D, dont la période est $\Lambda/2 = c/4\mathrm{N}$ (c, vitesse de la lumière; Λ, longueur d'onde de modulation) et le développement

$$\varphi(\mathrm{D}) \equiv \Phi_0\left(a_0^2 + \frac{a_1^2}{2} \cos 2\pi \frac{2\mathrm{D}}{\Lambda} + \ldots + \frac{a_n^2}{2} \cos 2\pi \frac{n\,2\mathrm{D}}{\Lambda} + \ldots\right).$$

Il suffit de faire varier D sur un intervalle de $\Lambda/4$ pour déterminer complètement la courbe $\varphi(\mathrm{D})$ et par suite la courbe de modulation $\Phi(t)$.

La discussion de la stabilité des ondes stationnaires (3) a montré que, pour une distance d du réflecteur au quartz égale à $2^{\mathrm{cm}},8$, la température doit être maintenue constante au centième de degré.

Cette condition est réalisée au moyen d'un régulateur de température commandé par un thermomètre à résistance de nickel. Cette résistance constitue une branche d'un pont de Wheatstone dont une diagonale est

(3) G. Goudet, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 117.

alimentée en courant alternatif; l'autre diagonale est reliée par un transformateur accordé à l'entrée d'un amplificateur d'une puissance de 20 watts qui débite dans une résistance chauffante placée dans la cuve à ultrasons. Une hélice établit dans celle-ci une circulation du liquide afin d'uniformiser la température.

Les résultats des mesures de $\varphi^{(0)}/\Phi_0$ sont traduits par la courbe 2, dont on déduit, à l'aide des formules établies plus haut, la courbe de modulation 3. Cette dernière montre que la modulation est profonde, le minimum de Φ étant égal à 1/10ᵉ du maximum, et brusque, ce qui est avantageux pour les applications.

ÉLECTRICITÉ. — *Un procédé électrostatique pour entretenir les vibrations des diapasons et des verges.* Note [1] de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les expériences ont porté sur des diapasons, en acier ordinaire, vibrant à 500 ou 1000 cycles dans l'air, et sur des barres d'acier en vibration longitudinale à 5000 cycles par seconde.

Le montage pour un diapason est représenté figure 1. L'appareil est

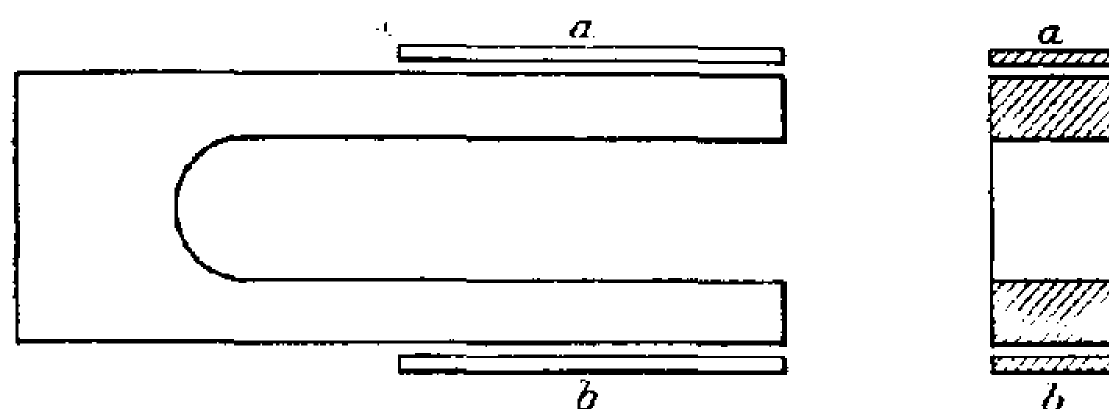


Fig. 1.

connecté électriquement à la masse; parallèlement à chacune de ses branches, et à 5/10ᵉ de millimètre de distance se trouvent deux plaquettes métalliques isolées, *a* et *b*. L'une, *a*, sert de microphone électrostatique; l'autre, *b*, joue le rôle d'*actuateur électrostatique;* elle reçoit la tension microphonique amplifiée et l'attraction électrique qu'elle exerce sur la verge du diapason entretient le mouvement.

L'amplification des tensions microphoniques a été réduite au minimum (un étage) en employant un type de microphone très sensible, le modèle dit à *onde porteuse*. Le schéma de l'installation est indiqué sur la figure 2.

---

(1) Séance du 4 août 1941.

Un quartz donne une tension de haute fréquence stable N; cette tension excite un circuit oscillant dont le condensateur est la capacité existant entre la plaquette microphonique *a* et le diapason. Les caractéristiques du circuit sont choisies de manière à ce que le milieu d'un des flancs de la courbe de résonance tracée à fréquence variable corresponde à la fréquence N. Dans ces conditions, la tension haute fréquence qui se manifeste aux bornes du circuit est modulée en amplitude à la fréquence *n* du diapason lorsque ce dernier vibre; car le mouvement de la branche du diapason fait varier au même rythme la capacité d'accord du circuit et la tension à ses bornes. La tension modulée est détectée par *courbure plaque*

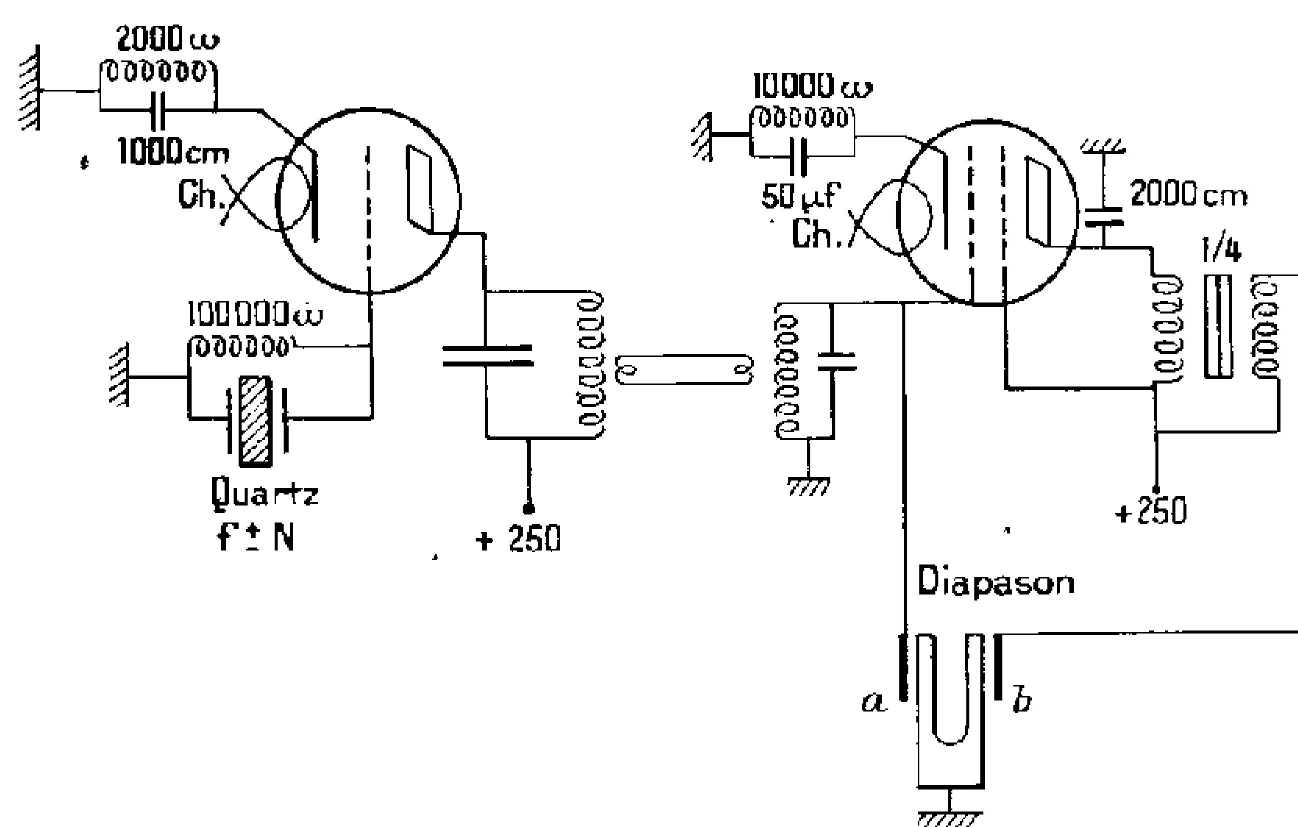


Fig. 2.

dans une lampe 6 V 6. La tension de basse fréquence *n* qui en résulte est appliquée à la plaque *b*. L'attraction électrostatique de la plaque *b* étant proportionnelle au carré de sa tension, il faut, pour qu'elle garde la fréquence *n*, superposer à la tension basse fréquence, une tension continue de valeur supérieure; j'ai utilisé à cet effet la tension de 250 volts qui alimente les plaques des lampes.

La sensibilité obtenue est surabondante, et avec un millimètre d'entrefer entre les plaques et le diapason, on a une amplitude supérieure à 5/10e de millimètre.

En vibration longitudinale, les barres vibrent moins facilement; il faut diminuer les entrefers et ajouter un étage d'amplification basse fréquence.

Deux sortes d'applications sont à envisager :

1° *Métrologie.* — La qualité du diapason comme étalon de fréquence est améliorée parce qu'on supprime une cause importante d'amortissement, gênante dans le procédé classique, le champ magnétique permanent. De

plus on peut opérer avec des amplitudes très petites, pour lesquelles l'amortissement dû au frottement interne du métal est réduit. C'est ainsi qu'une tension alternative de 10 volts sur la plaque *b* permet d'entretenir une amplitude de l'ordre de 1/100e de millimètre, d'une manière très stable.

On rend aussi l'instrument plus commode parce que le système d'entretien est entièrement apériodique et fonctionne sans modification dans une très large gamme de fréquences. L'utilisation des barres, moyennant la complication d'une lampe supplémentaire, permet d'atteindre un domaine de fréquences inaccessible aux diapasons ordinaires.

Enfin il devient possible d'employer d'autres substances que l'acier pour fabriquer le diapason, en particulier le quartz fondu, à surface aluminée; c'est la substance qui présente la meilleure stabilité moléculaire pour la construction d'étalons.

2° *Métallurgie.* — On peut utiliser pour l'isolement des plaquettes d'entretien des matériaux réfractaires comme la stéatite et construire un diapason de petites dimensions, qui, mis dans un four, vibrera jusqu'à des températures élevées. Par une simple mesure de fréquence, on pourra déterminer la valeur du module d'Young et sa variation avec la température.

La méthode est applicable à tous les alliages puisque les propriétés magnétiques n'interviennent pas dans ce procédé.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE. — *Générateur d'impulsions (de fréquence, d'amplitude et de phase réglables).* Note (1) de M. **Roger Dehors**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'appareil que j'ai réalisé permet d'engendrer dans un circuit des impulsions périodiques de courant présentant les caractères suivants :

1° elles sont toutes de même signe;

2° leur durée, réglable d'une manière continue, est inférieure ou égale à une demi-période de la source alternative qui alimente l'appareil;

3° leur amplitude est réglable dans de larges limites, et peut atteindre plusieurs dizaines d'ampères;

4° leur phase, par rapport à celle de la source d'alimentation, est réglable également;

(1) Séance du 21 juillet 1941.

5° elles sont stables, et leur fréquence peut être un sous-multiple quelconque de celle de la source;

6° enfin elles peuvent avoir le caractère de trains périodiques comportant plusieurs impulsions consécutives.

Principe de fonctionnement. — L'appareil comporte deux circuits principaux, pourvus respectivement des thyratrons T et T', l'un chargé de la commande de la grille de l'autre.

Le premier circuit, monté en *base de temps* classique (²), est constitué par les circuits de charge et de décharge d'un condensateur. La décharge s'effectue à travers le thyratron T sur une résistance réglable R; elle est contrôlée par la grille de ce tube, polarisée d'une part au moyen d'une tension proportionnelle au contact de charge, d'autre part au moyen d'une faible tension alternative de synchronisation à la fréquence f de la source principale. Cette disposition permet d'obtenir, aux bornes de la résistance R, de brèves impulsions de tension synchronisées sur un sous-multiple quelconque de f.

Le deuxième circuit comporte le thyratron T' fonctionnant en interrupteur synchrone, et ne permettant à la source de débiter sur le circuit d'utilisation que pendant une fraction de demi-période, depuis l'époque d'une impulsion du premier circuit jusqu'à l'annulation de la tension alternative.

Il en résulte dans le circuit d'utilisation des impulsions de fréquence f/n toutes de même signe, ayant la forme d'une portion de sinusoïde. Leur fréquence peut être modifiée dans de grandes limites en agissant sur la capacité et la résistance du circuit de charge du condensateur. Leur durée se règle au moyen d'un déphaseur à tension constante, intercalé entre la source principale et la grille du tube T. Leur amplitude, limitée par les caractéristiques du thyratron T' (valeurs maxima du courant anodique moyen et du courant anodique de crête) est contrôlée par un rhéostat en série avec le circuit d'utilisation. Si l'on insère entre la source et l'ensemble du montage un déphaseur d'induction, de puissance convenable, la phase des impulsions peut être modifiée de façon continue de 0 à 360°. Enfin, si l'on augmente suffisamment la résistance R du circuit de décharge, il en résulte, dans le premier circuit, des impulsions de durée supérieure à plusieurs demi-périodes de la source; ces longues impulsions, attaquant

(²) Voir en particulier D. M. Duinker, *Revue technique Philips*, 1, 1936, p. 11.

la grille du tube T', donnent naissance à des trains d'impulsions de fréquence f/n.

Réalisation. — Nous avons réalisé, aux Laboratoires du Centre national de la Recherche scientifique à Bellevue, sous la direction de M. Pauthenier, un générateur de ce genre, destiné à nos travaux sur la démultiplication de fréquence ferromagnétique.

Il comporte les deux thyratrons monogrille n°s 4686 et 4690. Dans le circuit du premier, la capacité C, variable de 0,05 à 20 microfarads, se charge à travers une résistance réglable de 100000 ohms, à une tension voisine de 350 volts, et se décharge sur la résistance R dont la valeur maximum est de 6000 ohms. La deuxième partie du montage est alimentée par un régulateur d'induction triphasé, monté en déphaseur monophasé. Un transformateur intermédiaire élève la tension à 450 volts, et fournit, en outre, la tension de synchronisation du tube T.

L'appareil, alimenté à 50 périodes, nous a donné de bons résultats. Il nous paraît susceptible, grâce à ses multiples réglages, et à sa commodité d'emploi, de rendre des services en électrotechnique.

PHOTOMÉTRIE. — *Un spectrophotomètre enregistreur de construction simple.* Note [1] de MM. **Georges-Albert Boutry** et **Jean Gillod**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les cellules photoélectriques utilisées jusqu'à présent pour la comparaison des flux lumineux, même lorsqu'il s'agit de cellules à vide, ne sont pas toujours fidèles et leurs réponses ne sont qu'approximativement proportionnelles aux flux reçus. L'amplification des courants obtenus peut introduire de nouvelles déformations et causer de l'instabilité. Aussi a-t-on le plus souvent renoncé, dans l'exécution de mesures que l'on voudrait précises, à la méthode si simple et si séduisante de l'enregistrement direct des courants fournis par la cellule ou de ces mêmes courants amplifiés. C'est pourquoi les spectrophotomètres photoélectriques les plus souvent décrits utilisent des méthodes de déviation constante [2] ou des méthodes

---

(1) Séance du 4 août 1941.

(2) Von Halban et Siedentopf, *Zeit. f. Phys. Chem.*, 100, 1922, p. 208; Perfect et Dobson, *Phys. Soc. London*, 1930, pp. 174 et 185.

différentielles à deux cellules ([3]). Les mesures exigent alors des pointés longueur d'onde par longueur d'onde, ce qui est fastidieux et parfois aléatoire; quand on veut le rendre enregistreur, l'appareil devient très compliqué ([4]). Dans les deux cas la précision limite que permet la méthode est rarement atteinte, si l'on tient compte des nombreuses erreurs accidentelles introduites par des montages aux réglages multiples et ardus. Aussi la plupart de ces appareils ne se sont guère répandus.

Pour construire un spectrophotomètre enregistreur précis aussi simple et robuste que possible, nous sommes revenus à la méthode de simple déviation (mesures croisées), ce que l'emploi de cellules photoémissives d'un type nouveau, fidèles et capables de fournir des courants proportionnels à mieux que 1/1000[e] près aux flux lumineux qu'elles reçoivent, semble permettre de faire ([5]). Les courants photoélectriques sont envoyés dans un amplificateur de courants continus à un seul étage dans lequel un

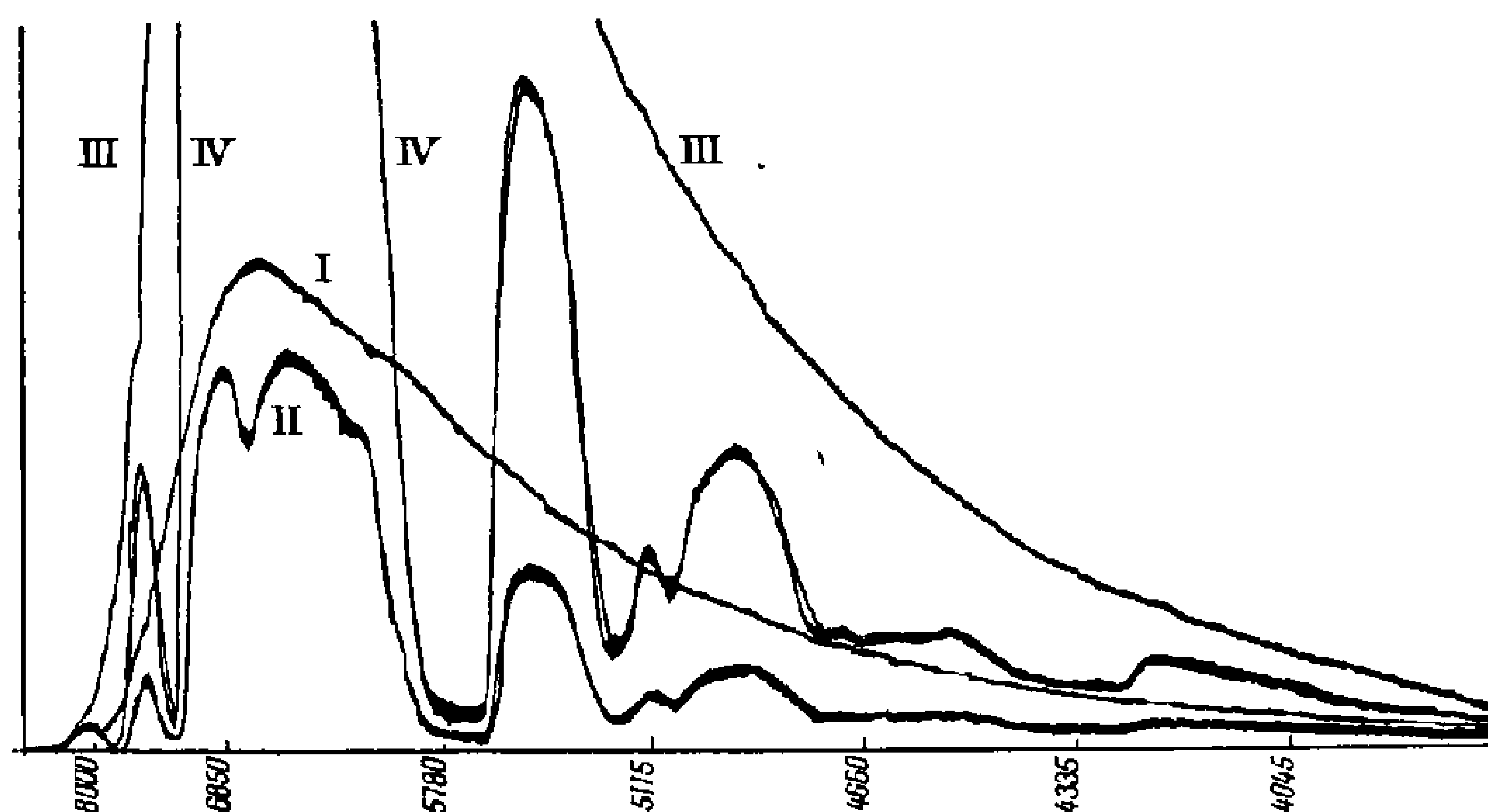


Fig. 1

montage très simple permet d'annuler pratiquement la dérive et d'obtenir une très bonne stabilité ([6]). Le courant amplifié reste proportionnel au

---

([3]) FOLLET, *Proc. Phys. Soc.*, **46**, 1934, p. 499; WOODWARD, *Proc. Roy. Soc.*, **144**, 1934, p. 118.

([4]) MULDER et RAZEK, *Jour. Opt. Soc. Am.*, **20**, 1930, p. 155; HARDY, *ib.*, **18**, 1929, p. 96.

([5]) BOUTRY, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 120; BOUTRY et GILLOD, *ib.*, **206**, 1938, p. 1807; *Philos. Mag.*, 7[e] série, **28**, 1939, p. 163.

([6]) GILLOD, *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 1080.

courant initial, avec une erreur variant de 1 à 5/1000e lorsque l'amplification de son intensité croît de 40 à 40000.

En associant cette cellule et cet amplificateur à un monochromateur double, un dispositif mécanique évident nous a permis d'enregistrer directement en fonction de la longueur d'onde les courants photoélectriques amplifiés et mesurés par un galvanomètre robuste. Pour chaque longueur d'onde, l'ordonnée sur la courbe obtenue est proportionnelle au flux lumineux monochromatique reçu par la cellule.

La figure 1 èst la reproduction d'un des clichés photographiques ainsi obtenus. Les courbes I et III sont obtenues pour deux amplifications différentes, en éclairant la fente d'entrée du monochromateur avec la lumière blanche d'une lampe à ruban de tungstène alimentée à tension constante. Les courbes II et IV sont obtenues avec les mêmes amplifications lorsqu'on interpose sur le trajet du faisceau lumineux fourni par cette source dans des conditions identiques un filtre coloré (verre de didyme). En fait

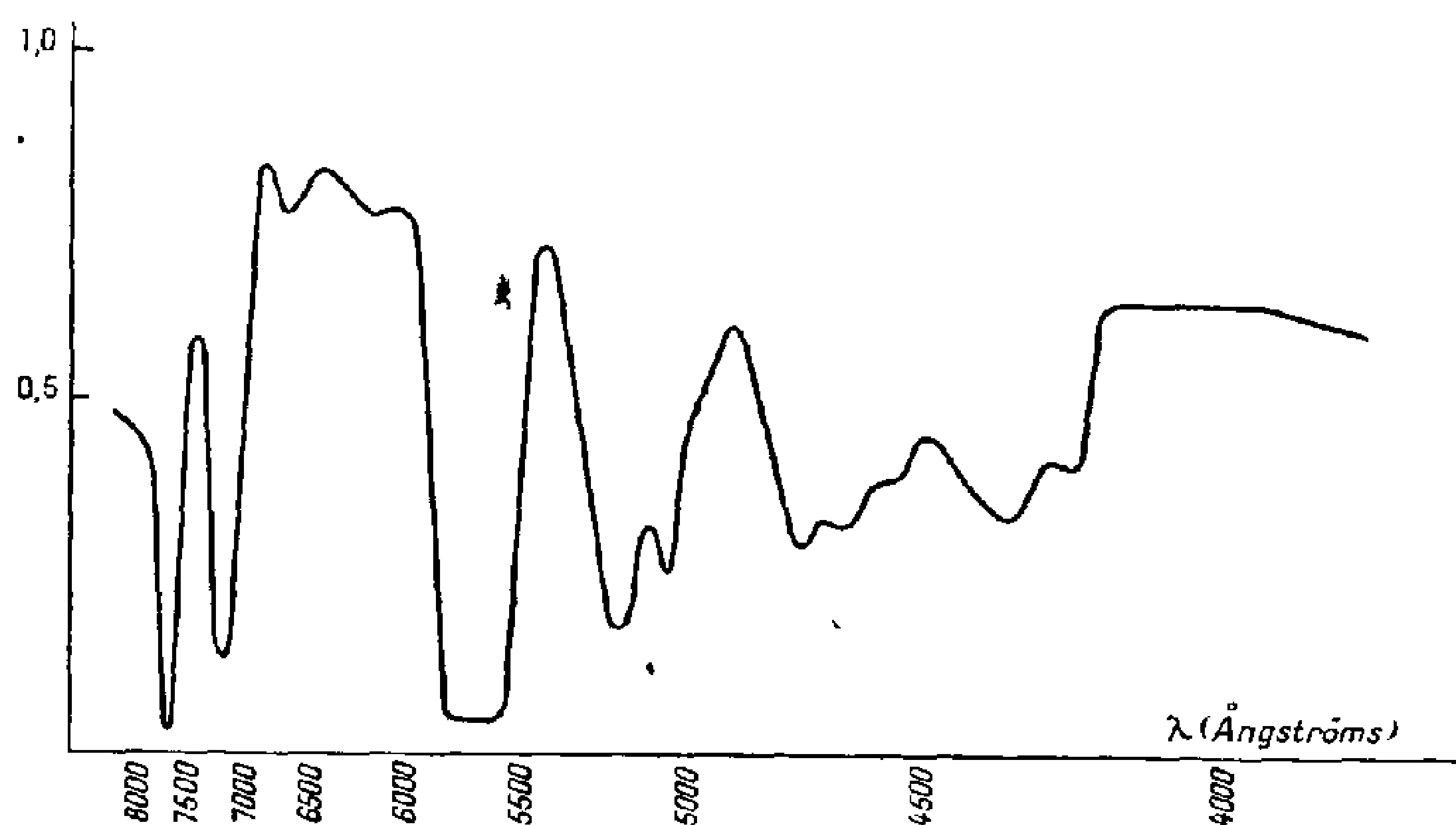


Fig. 2.

ces deux dernières courbes ont été enregistrées deux fois sur le même cliché, dans des conditions rendues délibérément défavorables : leur superposition renseigne immédiatement, pour une grande part, sur le degré de fidélité et de précision de l'appareil.

On comprend que les quotients obtenus en faisant le rapport des ordonnées correspondantes des courbes I et II d'une part, III et IV d'autre part, sont à la fois indépendants de la composition et de l'intensité de la lumière fournie par la source, de la transparence du monochromateur, de

la sensibilité spectrale de la cellule, de l'amplification utilisée, pourvu que cet ensemble reste invariable pendant le tracé des courbes. La figure 2, déduite de la mesure de ces quotients, donne les variations du facteur de transmission du verre de didyme utilisé avec la longueur d'onde. La durée de l'enregistrement de l'ensemble des quatre courbes ne dépasse pas 10 minutes.

Dans les expériences actuelles, la largeur de la bande transmise par le monochromateur vers le milieu du spectre visible est de l'ordre de 25 Å. La construction des monochromateurs doubles actuels permet difficilement de diminuer beaucoup cette largeur. Nous espérons y parvenir avec un monochromateur simple d'un type nouveau, dont la construction est en cours et appliquer le nouvel ensemble à la photométrie des sources lumineuses fortement colorées.

OPTIQUE. — *Sur les propriétés optiques du chrome en lames très minces.* Note [1] de M. **Marcel Perrot**, transmise par M. Charles Fabry.

Quand on examine les courbes donnant pour une longueur d'onde déterminée les variations des constantes optiques des métaux en fonction du nombre atomique, on constate que l'indice de réfraction est minimum pour les métaux du groupe 1 (Na, K, Cu, Rb, Ag, Ca, Au), et qu'il est maximum pour les éléments Si, Cr, Ga, Mo, Sb, Re. Jusqu'à ce jour on a surtout étudié les propriétés optiques des métaux en lames minces appartenant au premier groupe. Il est donc intéressant d'expérimenter sur des métaux possédant un très fort indice de réfraction.

Pour cela j'ai déterminé les facteurs de réflexion et de transmission de lames très minces de chrome, métal qui, pris à l'état massif, a un indice de réfraction ν 3,59 et un indice d'extinction χ 4,52 pour la longueur d'onde λ5890 Å.

Les lames minces de chrome sont préparées par projection cathodique à partir d'une cathode obtenue électrolytiquement sur support d'aluminium. L'appareillage employé est classique [2]; j'ai toutefois rendu la cathode mobile par un dispositif électromagnétique. La lame prismatique de verre, sur laquelle se projette le métal, est placée sur une anode refroidie par un

---

[1] Séance du 28 juillet 1941.

[2] Voir par exemple Rouard, *Revue d'Optique*, 17, 1938, p. 2.

courant d'eau. Un dispositif magnétique extérieur à la cloche permet les déplacements d'un écran de mica pouvant servir de cache à la lame à métalliser.

L'épaisseur des lames est déterminée par pesée à la microbalance. Dans mes diverses expériences elle a varié entre 0 et $100^{m\mu}$ environ.

Les facteurs de réflexion air-métal (R), métal-verre (R′), sous l'incidence normale et de transmission (T), des lames minces de chrome, sont obtenus au moyen d'une cellule photoélectrique à couche d'arrêt. On compare directement les flux réfléchis et transmis au flux incident et l'on en déduit les facteurs de réflexion et de transmission.

L'étude est faite pour quatre radiations de l'arc en mercure, séparées à l'aide d'un jeu de filtres optiques.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau suivant.

Épaisseur en mμ.	Coloration en lumière réfléchie.	λ......... 3660 Å.			4358 Å.			5461 Å.			5780 Å.		
		R.	R′.	T.	R.	R′.	T.	R.	R′.	T.	R.	R′.	T.
0......	–	0,042	0,042	0,96	0,042	0,042	0,96	0,042	0,042	0,96	0,042	0,042	0,96
8,2....	gris métallique bleuté	0,093	0,060	0,87	0,069	0,054	0,88	0,056	0,047	0,92	0,054	0,048	0,94
12,5....	»	0,123	0,090	0,79	0,097	0,078	0,89	0,068	0,062	0,90	0,065	0,063	0,91
19......	»	0,216	0,160	0,69	0,178	0,144	0,77	0,125	0,104	0,84	0,115	0,096	0,86
26,2....	»	0,246	0,216	0,63	0,233	0,206	0,71	0,187	0,171	0,77	0,178	0,163	0,79
40,5....	jaunâtre	0,135	0,099	0,67	0,193	0,169	0,73	0,207	0,185	0,76	0,202	0,187	0,76
47......	jaune	0,067	0,015	0,65	0,085	0,066	0,83	0,159	0,146	0,80	0,172	0,165	0,79
75......	rose violacé	0,197	0,120	0,52	0,086	0,056	0,79	0,061	0,054	0,88	0,084	0,078	0,88
91,5....	bleu	0,078	0,025	0,50	0,180	0,151	0,67	0,097	0,085	0,82	0,064	0,052	0,86

Ces nombres mettent en évidence, pour chaque longueur d'onde, l'existence de maxima et minima extrêmement nets pour les deux facteurs de réflexion air-métal et verre-métal; de plus les lames obtenues ont une très faible opacité.

Ces résultats sont entièrement nouveaux. Les autres métaux étudiés jusqu'ici (Ag, Au, Pt) montrent des facteurs de réflexion croissant régulièrement avec l'épaisseur. Les seules exceptions signalées jusqu'à ce jour sont celles des facteurs de réflexion de l'or et de l'argent déposés sur quartz pour les radiations de longueurs d'onde voisines de 3000 Å. Pour ces mêmes métaux, en général les facteurs de transmission décroissent régulièrement quand l'épaisseur de métal croît, et aux environs de $50^{m\mu}$ les lames obtenues absorbent la presque totalité du flux lumineux (pour λ 5780 Å et une épaisseur $45^{m\mu},6$, T = 2,8 % avec des lames d'argent déposées sur le quartz).

Les lames minces de chrome de même épaisseur laissent au contraire passer la plus grande partie du flux incident (pour λ 5780 Å et une épaisseur de $47^{m\mu}$, $T = 79\%$).

Ces propriétés nouvelles peuvent trouver des applications immédiates pour la préparation des lames d'étalons interférentiels de Perrot et Fabry destinés à l'étude de flux lumineux de très faible intensité.

Notons enfin que ces lames de chrome sont extrêmement adhérentes au support et inaltérables. Pour les détruire il faut avoir recours à une solution concentrée constituée par un mélange de potasse et de permanganate de potassium.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Sur le paramagnétisme des solutions aqueuses de nitrate cuivrique.* Note [1] de M. **Jean Amiel.**

L'étude magnétique des solutions aqueuses de nitrate cuivrique a été faite, de 1916 à 1919, par Mlle Jacobsohn, par Cabrera et Moles et par Cherbuliez; les résultats obtenus sont reproduits dans un Mémoire de Birch [2]. Pour des dilutions croissantes, Mlle Jacobsohn trouvait une valeur constante du moment magnétique du cuivre bivalent, Cabrera et Moles avaient des nombres croissants, tandis que Cherbuliez obtenait un maximum suivi d'un minimum, puis d'une augmentation rapide vers une valeur limite de 10 magnétons de Weiss. Mais cet expérimentateur avait travaillé sur des solutions trop diluées (jusqu'à 0,0003 molécule au litre environ) pour que la précision des mesures permette, à mon avis, de conclure; de plus, l'hydratation des ions devait intervenir. J'ai donc repris cette étude.

Les mesures ont été faites par la méthode du cylindre. Le montage que j'ai utilisé, le mode opératoire, les corrections à faire ont été décrits par Pascal [3]. J'ai pris comme étalon l'eau, avec une susceptibilité $\chi = 0,72 \times 10^{-6}$. Le tableau ci-contre donne le résultat de mes déterminations à 20° C. x est le nombre de molécules-grammes par litre de solution, $d_{20°}^{20°}$ la densité par rapport à l'eau à 20° C., $\varkappa_{20°}$ et $\chi_{20°}$ la susceptibilité magnétique rapportée respectivement à 1^{cm^3} et à 1^g de solution (préci-

(1) Séance du 28 juillet 1941.

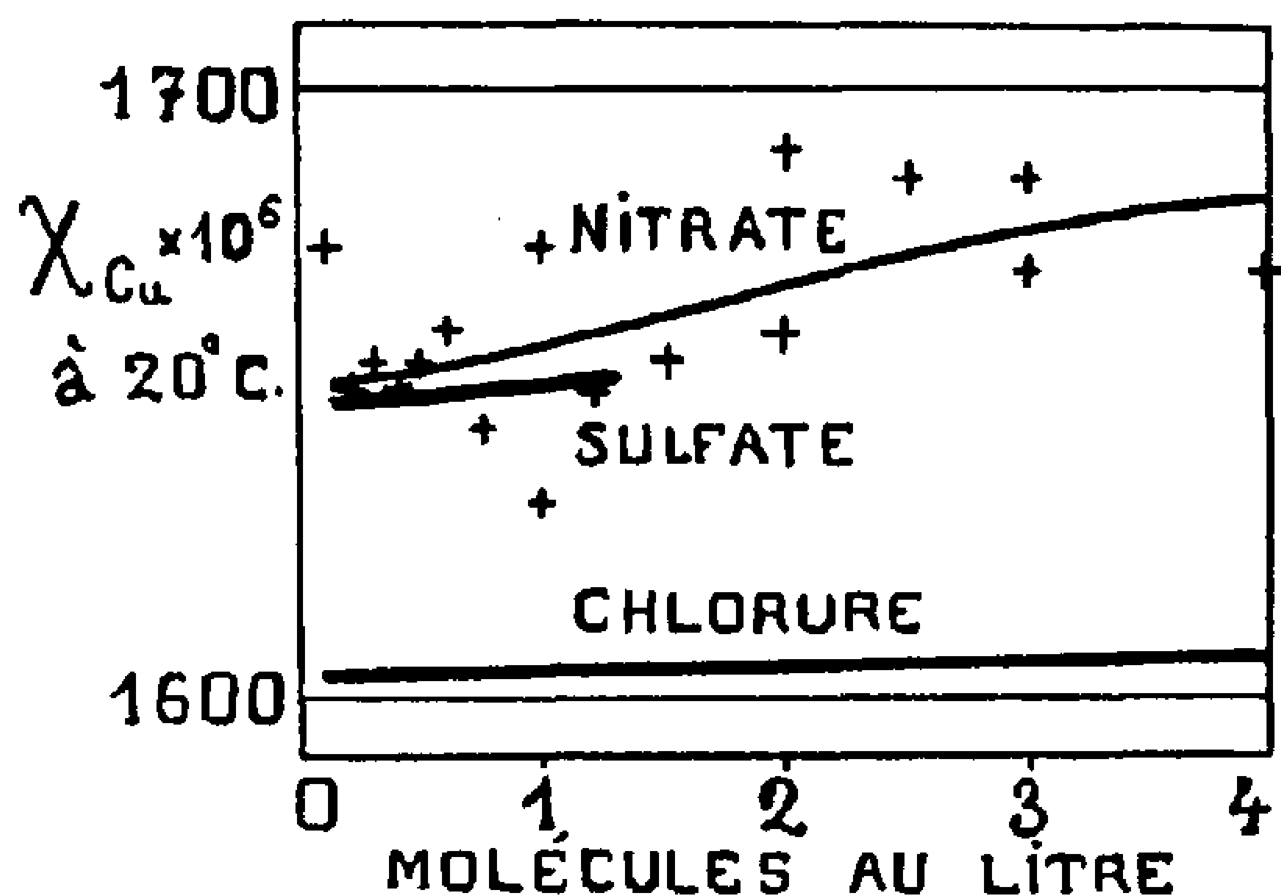
(2) *Journal de Physique et le Radium*, 6e série, 9, 1928, p. 137.

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, 25, 1912, p. 289.

sion 0,5 % environ). La composition des liqueurs étant connue, j'en ai déduit, dans chacun des cas, la susceptibilité magnétique moléculaire du nitrate; en corrigeant celle-ci pour tenir compte du diamagnétisme de l'anion et du cathion, j'ai obtenu la susceptibilité magnétique atomique du cuivre bivalent, χ_{Cu} à 20°C. Les nombres donnés sont obtenus en faisant la moyenne des résultats de trois ou quatre expériences, et chaque expérience comporte six mesures.

x (mol/litre).	$d_{20°}^{20°}$.	$\kappa_{20°}.10^6$.	$\chi_{20°}.10^6$.	$\chi_{Cu}.10^6$ à 20°C.
0,1	1,0155	−0,555	−0,546	1675
0,2	1,0312	−0,394	−0,382	1650
0,3	1,0472	−0,231	−0,221	1655
0,4	1,0623	−0,069	−0,065	1650
0,5	1,0772	0,096	0,089	1655
0,6	1,0932	0,262	0,240	1660
0,8	1,1227	0,579	0,516	1645
1	1,1535	0,914	0,792	1655
1,2	1,1820	1,236	1,046	1650
1,5	1,2262	1,733	1,413	1655
2	1,2998	2,592	1,994	1675
2,5	1,3684	3,450	2,521	1685
3	1,4385	4,256	2,959	1675
4	1,5730	5,903	3,733	1670
$(NO^3)^2Cu, 3H^2O$ (sel solide).	2,335	15,2	6,5	1650

On voit sur la figure que cette grandeur χ_{Cu} décroît légèrement lorsque



la dilution augmente. On y voit aussi avec quel degré de précision mes mesures sont faites; déjà, pour $x = 0,1$, le calcul indique que

$$\Delta \chi_{Cu} = \pm 35 \times 10^{-6};$$

lorsque la dilution augmente encore, l'erreur varie à peu près comme l'inverse de x. On peut prendre en première approximation, dans le domaine étudié, cette susceptibilité magnétique atomique égale à sa valeur moyenne 1665×10^{-6}. La valeur correspondante de la quantité $\sqrt{3RT\chi_{Cu}}/1125$ (R étant la constante des gaz parfaits), qui représente le nombre de magnétons de Weiss dans l'hypothèse où les solutions satisfont à la loi de Curie, est 9,81.

J'ai représenté également sur la figure le résultat de mes mesures sur les solutions de sulfate et de chlorure cuivriques. On voit que la nature de l'anion intervient. Remarquons en outre que j'ai obtenu pour la susceptibilité magnétique atomique χ_{Cu} à 20° des valeurs plus élevées pour certains cupritétrachlorures organiques solides ([4]); le chiffre 1690×10^{-6} que j'ai indiqué devrait même être légèrement augmenté, car j'ai reconnu depuis que la valeur choisie pour l'étalon (sulfate cuivrique pentahydraté) que j'avais alors utilisé était un peu faible. Il est donc bien certain que les solutions de nitrate cuivrique ne permettent pas d'atteindre le moment magnétique des ions cuivriques Cu^{++} libres; la dissimulation magnétique provient de l'hydratation de ces ions. Il faut étudier l'influence de la température sur ce phénomène pour pouvoir déterminer correctement le point de Curie de ces solutions.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude cinétique des phénomènes d'acidolyse.* Note de M. **André Chablay**, présentée par M. Marcel Delépine.

En collaboration avec H. Gault ([1]), j'ai exposé les résultats de mesures relatives à la détermination de la constante d'équilibre de la réaction réversible



et montré que la loi du déplacement de l'équilibre par variation de la concentration s'applique aux phénomènes d'acidolyse. Pour les raisons analytiques que nous avons signalées, les acides R—COOH réagissants, doivent être suffisamment solubles dans l'eau pour pouvoir être séparés de l'acide R'—COOH qui prend naissance.

([4]) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1113.

([1]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 293.

Nous avons alors communiqué les résultats relatifs à l'action sur le palmitate de méthyle des acides acétique, propionique, *n*-butyrique, *n*-valérique, *n*-caproïque. J'ai étendu ultérieurement ces recherches aux acides œnanthique et caprylique. Avec l'acide œnanthique le dosage devient pénible, et la séparation doit être effectuée par distillation du mélange avec de l'eau qui entraîne l'acide œnanthique; avec l'acide caprylique, la difficulté s'accroît encore, et j'ai dû me borner, en raison de la durée du dosage, à la détermination de la constante K, calculée par la formule habituelle

$$K = \frac{x_l^2}{(1 - x_l)^2} \qquad (l = \text{limite}).$$

Voici les résultats obtenus :

Acide	œnanthique	caprylique
K	1,05	1,01

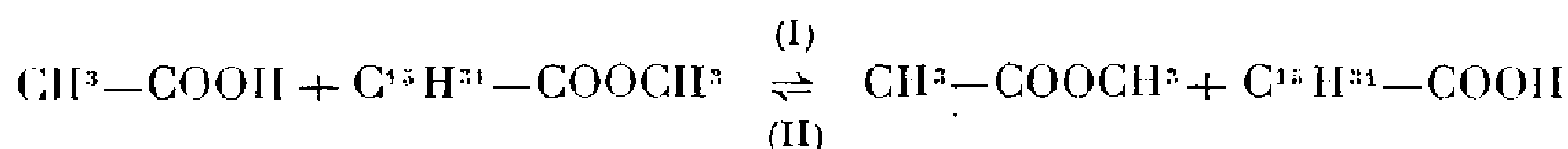
Ces nombres montrent que ces deux acides se comportent comme leurs homologues inférieurs vis-à-vis du palmitate de méthyle. L'acide œnanthique a donné les résultats suivants par variation de la concentration, x_l étant la limite calculée par la formule

$$\frac{x_l^2}{(\rho - x_l)(1 - x_l)} = K,$$

et ρ le nombre de molécules d'acide pour une molécule de palmitate.

	x_l	
ρ.	calculé.	trouvé.
1,002	0,507	0,507
2,002	0,675	0,668
3,002	0,757	0,767
4,000	0,807	0,804
5,004	0,839	0,828

Pour compléter cette étude, j'ai en outre vérifié que la même loi s'applique bien aux réactions effectuées dans les deux sens sur le système double



$$CH^3\text{—}COOH + C^{15}H^{31}\text{—}COOCH^3 \underset{(II)}{\overset{(I)}{\rightleftharpoons}} CH^3\text{—}COOCH^3 + C^{15}H^{31}\text{—}COOH$$

Les résultats comparatifs sont résumés dans le tableau ci-après :

Système (I). — K = 1,074.

Acide acétique. p.	Palmitate-CH^3.	x_l. Calculé.	x_l. Trouvé.
1,003	1^{mol}	0,511	0,511
1,984	»	0,675	0,677
3,000	»	0,761	0,760
4,000	»	0,809	0,810
5,021	»	0,843	0,839

Système (II). — K = 0,821.

Acétate de méthyle. p.	Acide palmitique.	x_l. Calculé.	x_l. Trouvé.
1,072	1^{mol}	0,492	0,492
2,16	»	0,653	0,659
3,24	»	0,737	0,744
4,30	»	0,782	0,795
5,378	»	0,820	0,833

Comme il fallait s'y attendre, la constante K du système (II) est inférieure à 1 et voisine de l'inverse de celle du système (I).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Étude des formes tautomères colorées des benzaurines, des phénolphtaléines et des phénolsulfonephtaléines.* Note (¹) de Mme **Ramart-Lucas**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Après avoir mis en évidence que les corps des séries de la benzaurine, de la phénolphtaléine et de la phénolsulfonephtaléine ont des spectres très voisins (ce qui confirme l'identité de leur structure) (²), j'ai montré que l'hypothèse selon laquelle à cette parenté d'absorption doit correspondre, pour tous ces composés, une analogie dans leurs possibilités de métamorphoses, se trouve vérifiée : chacun des corps de ces trois séries peut exister, en milieu neutre, sous trois formes tautomères (soient A, B, B' ces trois formes) (³).

Ces résultats ont de plus permis d'établir qu'aucune des hypothèses

(¹) Séance du 4 août 1941.

(²) *Comptes rendus*, 208, 1939, pp. 1094 et 1312.

(³) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 67.

proposées jusqu'ici pour expliquer la couleur de ces corps ne peut rendre compte des faits observés.

Afin de préciser la structure de ces isomères, dont l'existence a été révélée par l'analyse spectrale, il était nécessaire d'établir les conditions dans lesquelles ils apparaissent dans les solutions, de connaître comment varient leurs équilibres suivant le milieu, la concentration, le nombre et la nature des substituants fixés sur les noyaux aromatiques. Ces recherches, qui ont exigé de très nombreuses mesures d'absorption, m'ont permis de fixer, pour chaque substance, non seulement les conditions d'existence de ces formes tautomères, mais encore de déterminer les milieux dans lesquels elles se trouvent à l'état presque pur. Il faut toutefois signaler que la présence simultanée de B et B′ ne peut être aisément mise en évidence si l'un de ces isomères est en faible proportion dans le mélange, étant donné l'analogie de la forme de leurs bandes d'absorption et leur proximité.

J'indique ici la nature des isomères présents dans diverses solutions. Les isomères colorés sont désignés par A, B, B′ et les formes carbinoliques et lactoniques incolores respectivement par C et L.

		Sol. aqueuses		Sol. alcooliques			Sol. anhydres	
Substance.	Conc.	neutres.	CO^3Na^2.	neutres.	CH^3CO^2H.	ClH.	$CHCl^3$.	C^6H^6.
Benzaurine	$N/2.10^3$	ins.	B + C	A	–	B′	A + B′	A
	$N/5.10^4$	»	–	A	–	B′	A	A
Benzaurine tétrabromée	$N/2.10^3$	»	B	B	–	C	A	A
	$N/5.10^4$	»	B	B	–	C	A	A
Ester de la tétrabromophénolphtaléine	$N/2.10^3$	»	B	A + B	A + B	C	A	A
	$N/5.10^4$	»	B	B		C	A	A
hénolsulfonephtaléine	$N/2.10^3$	A	B	A + B′	A + B′	B′	ins.	ins.
	$N/5.10^4$	A	B	A	A	B′	»	»
Phénolsulfonephtaléine tétrabromée	$N/2.10^3$	A + B	B	A	A	A + C	A	L
	$N/5.10^4$	A + B	B	A	A	–	A	–
-Crésolsulfonephtaléine	$N/2.10^3$	A	B	A + B′	A + B′	B′	ins.	ins.
	$N/2.10^4$	A	B	A	A + B′	B′	»	»
-Crésolsulfonephtaléine dibromée	$N/2.10^3$	A	B	A	A	ins.	ins.	ins.
	$N/5.10^4$	A	B	A	A	»	»	»
hymolsulfonephtaléine	$N/2.10^3$	ins.	B	A + B′	A + B′	B′	»	L
	$N/5.10^4$	»	B	A	A	B′	»	»
hymolsulfonephtaléine dibromée	$N/2.10^3$	A	B	A	A	A + B′	»	ins.
	$N/5.10^4$	A	B	A	A	A	»	»

On peut ainsi suivre aisément comment varie l'équilibre entre les diverses formes suivant le milieu, la concentration et suivant aussi le nombre et la nature des substituants sur les noyaux aromatiques. En ce qui concerne l'influence du milieu on constate que :

1° A existe surtout en milieu neutre, mais peut apparaître en présence d'acides;

2° B se trouve principalement dans les solutions alcalines, mais existe en solution neutre et en présence d'acide acétique;

3° B' se rencontre le plus souvent dans les solutions acides, mais peut se trouver dans des solvants neutres.

En ce qui regarde l'influence des substituants, il est intéressant de signaler que la forme B n'apparaît en milieu neutre que dans le cas où aux deux carbones en ortho vis-à-vis des groupes C = O et OH sont substitués des atomes de Br. Par contre B' n'existe (sauf dans le cas de la dibromothymolsulfonephtaléine) que pour les dérivés non bromés.

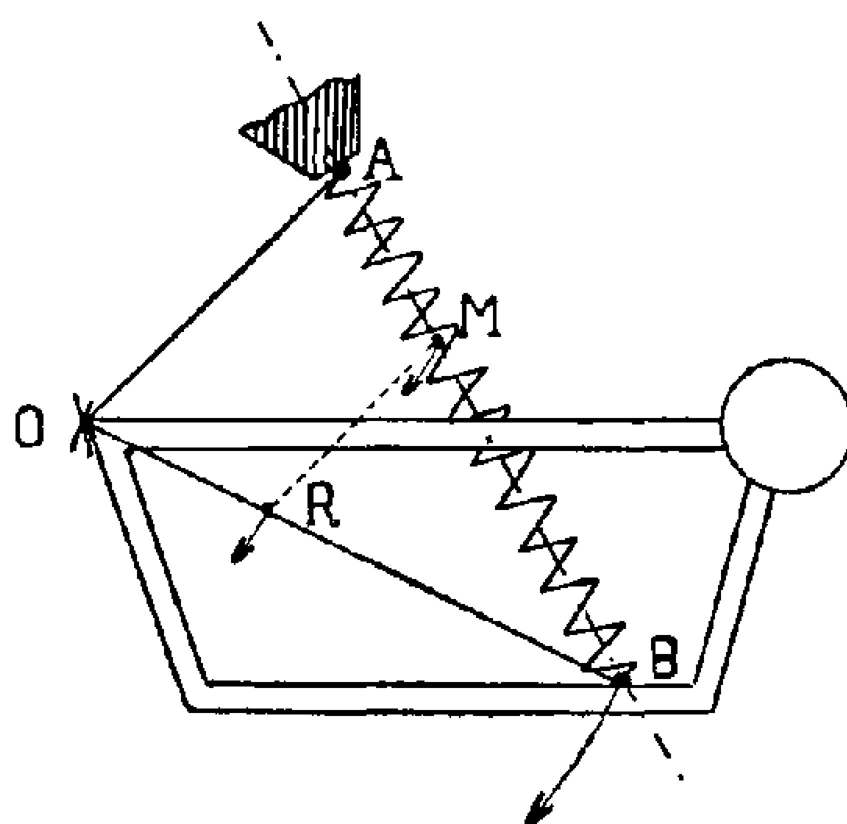
En résumé, ces recherches ont permis d'établir comment varie l'équilibre entre les formes tautomères colorées des benzaurines et des phtaléines suivant le milieu, de fixer les conditions dans lesquelles chacune de ces formes existe à l'état sensiblement pur, et enfin de montrer que la présence des substituants exerce une influence importante sur l'apparition de ces isomères. Cette dernière observation est en faveur de l'hypothèse que j'ai émise, suivant laquelle l'isomérie entre A, B, B' proviendrait de ce que les angles que font les liens valentiels issus de certains atomes ne sont pas les mêmes pour chacune des formes (gogno-isomérie). Cette déformation des angles valentiels pouvant être accompagnée, pour B et B', d'un *couplage* entre les fonctions présentes sur deux noyaux différents d'une même molécule.

SÉISMOLOGIE. — *L'influence du ressort de suspension sur le fonctionnement des séismographes verticaux.* Note de M. **Gaston Grenet**, présentée par M. Charles Maurain.

Un séismographe vertical est en général constitué par une masse pouvant osciller autour d'un axe horizontal et suspendue par un ressort à boudin, de telle sorte que son centre de gravité soit dans le plan horizontal passant par l'axe d'oscillation. Si l'on néglige la masse du ressort, il est facile de calculer l'équation du mouvement du système. On voit qu'un tel

appareil est insensible aux composantes horizontales du mouvement du sol tant que l'amplitude des oscillations reste très faible.

Nous voulons tenir compte en première approximation de la masse du ressort sans que la forme de l'équation du mouvement soit changée. Pour les petits mouvements, c'est l'équation d'un système oscillant ayant un seul degré de liberté. Il faut donc supposer un système de liaisons tel que l'emplacement de chaque point du ressort soit entièrement défini par la position de la masse mobile. Nous négligeons donc toutes les vibrations du ressort et supposons son allongement uniforme. Supposons enfin que la masse du ressort soit uniformément répartie suivant sa longueur et qu'il



soit fixé aux points A et B solidaires respectivement du bâti et de la masse mobile.

Pour un déplacement infiniment petit du pendule le mouvement d'un point du ressort est parallèle au mouvement du point B. L'amplitude du mouvement de chaque point du ressort est proportionnelle à la distance AM, M étant la projection du point considéré du ressort sur AB. Le mouvement de chaque point du ressort est donc à chaque instant parallèle et de même amplitude que celui d'un point R de OB tel que $OR/AM = OB/AB$.

Choisissons un système de coordonnées lié au sol et étudions le mouvement du séismographe au moyen du principe des forces vives. Il faut écrire que le travail des forces extérieures et des forces de frottement est égal à la variation de la demi-force vive. On peut donc remplacer une masse par une autre à condition que la force vive et le travail des forces extérieures ne soient pas altérés. Or les forces extérieures sont ici dues

aux accélérations du mouvement du sol qui sont les mêmes dans toute l'étendue de l'appareil. Dans ces conditions on ne change rien à la force vive ni au travail en remplaçant une masse ponctuelle par une autre masse de même valeur subissant à chaque instant un déplacement équipollent. Donc, on a le droit de supposer que la masse matérielle du ressort est répartie uniformément suivant la droite OB et que le système ainsi constitué est suspendu par un ressort sans masse.

Il est alors aisé de calculer les caractéristiques du système mobile (masse, moment d'inertie et position du centre de gravité), compte tenu du ressort. La correction ainsi apportée est en général peu importante, de sorte qu'il ne semble pas nécessaire de rechercher une meilleure approximation. Toutefois, il est indispensable d'en tenir compte pour le réglage de la hauteur du centre de gravité. Par exemple, pour un pendule de 2^{kg}, que nous avons étudié, on commet une erreur de 4° dans le réglage de l'horizontalité si l'on ne tient pas compte de l'influence du ressort.

BOTANIQUE. — *Sur le niveau souterrain des tubercules de l'*Arum italicum. Note de M. **Lucien Plantefol**, présentée par M. Marin Molliard.

On sait que le genre *Arum* comporte des géophytes dont les tubercules se trouvent à une profondeur caractéristique au-dessous de la surface du sol. Ce niveau est à peu près fixe dans des conditions données, mais il varie entre certaines limites lorsqu'on modifie ces conditions. Les *Arums* se prêtent parfaitement aux expériences sur le déterminisme de ce phénomène, car, pendant quelques mois, après la floraison et la fanaison des feuilles, le tubercule passe au repos; ses racines meurent. On peut alors déplacer sans aucun traumatisme la plante réduite à son tubercule. Si celui-ci est rapproché de la surface du sol, la croissance qui a lieu à la reprise de la végétation, a pour effet de le faire redescendre à son niveau antérieur; si le tubercule est placé à une profondeur plus grande, on assiste au contraire à sa remontée.

J'avais en juillet 1939 mis en expérience 40 tubercules d'*Arum italicum*, répartis en 8 séries de poids et de caractères très homogènes. Les tubercules d'une même série ont été plantés à des profondeurs différentes (5, 10, 15 et 20^{cm} au-dessous de la surface du sol). Les déplacements réalisés n'ont pu être étudiés qu'en 1941. Leur étude a été complétée par celle des variations de forme et de poids des tubercules, et par diverses mesures biométriques. Voici les principaux résultats :

1. Tous les tubercules plantés à 5^{cm} se sont enfoncés. Leur axe (ligne joignant l'extrémité en régression au centre du bourgeon terminal) avait été disposé horizontalement. Chez tous l'axe est devenu plongeant (au maximum — 75°) et le bourgeon terminal a été reporté bien au-dessous de 5^{cm}.

2. Les tubercules plantés à 20^{cm} ont manifesté un comportement variable : certains ont leur axe de croissance redressé (jusqu'à + 50°); d'autres l'ont horizontal; d'autres un peu plongeant (— 20°).

3. Pour les profondeurs intermédiaires, les réactions sont également variables. D'une manière générale, pour un niveau donné, les tubercules dont l'axe plonge sont les plus lourds; les tubercules qui se redressent, les plus légers.

4. Les travaux de J. Massart (1) et de A. Rimbach (2) ont surtout attiré l'attention sur l'intervention des racines tractrices dans le phénomène de descente en profondeur. Les racines tractrices existent, en nombre d'autant plus grand que la profondeur à laquelle a été placé le tubercule est moindre.

Quatre tubercules pesant environ 4^g chacun, en 1939, ont été plantés à 5, 10, 15 et 20^{cm} de profondeur. Ils présentent respectivement en 1941, 14, 8, 2 et 1 racines tractrices. Mais leurs poids sont devenus inégaux; il y a une racine tractrice pour 0,25, 1,9, 3,1 et 4^g,4 de tubercule.

5. La variation de position du tubercule est surtout la conséquence de la mobilisation des substances de réserve contenues dans le tubercule et de leur transport vers la région antérieure de celui-ci. Un tubercule comporte une surface postérieure irrégulière, ridée, correspondant à une longueur d'axe l, variable avec l'importance de la masse mobilisée.

Pour trois tubercules de 15^g, la longueur de cette partie ridée varie comme suit avec la pente de l'axe de croissance : 1° axe 70°, $l = 50^{mm}$; 2° axe 0°, $l = 12^{mm}$; 3° axe 50°, $l = 35^{mm}$. On peut évaluer les masses mobilisées comme étant sensiblement proportionnelles à ces longueurs.

6. En relation avec la mobilisation d'une partie de la masse du tubercule, il faut mettre une grandeur qui exprime d'ailleurs en même temps divers autres phénomènes, la variation du poids du tubercule. La mobilisation des réserves est corrélative de la destruction partielle de la matière mobilisée.

---

(1) *Bull. Jard. Bot. Bruxelles*, 1, 1903, p. 31.

(2) *Ber. d. d. Bot. Ges.*, 15, 1897, p. 298.

Dans le premier exemple cité, à partir d'un poids très voisin de 4^g, les poids sont devenus 3,4 – 15,7 – 6,1 – 4^g,4. Le poids sec des feuilles formées est 0,16, – 1,20 - 0,52 - 0,50. Dans trois cas, le métabolisme des synthèses est insuffisant à accroître les tubercules.

7. La rencontre de la profondeur optimum peut être exprimée également par deux faits : 1° le tubercule dans sa croissance ne modifie pas son niveau; 2° l'augmentation de poids est maxima. Ces deux indications sont généralement concordantes.

8. La profondeur optimum varie avec la taille des tubercules. En première approximation, elle est de 10^{cm} pour les tubercules de 4 à 6^g, 20^{cm} pour ceux de 10 à 15^g.

Ainsi il y a un déterminisme précis de la profondeur à laquelle se stabilisent les tubercules d'*Arum*. Cette profondeur ne semble pas différente dans les expériences que j'ai poursuivies en terrain découvert de celle à laquelle on trouve ces tubercules, sous une strate arborescente, dans les bois de la côte atlantique. Toutefois le maximum de poids obtenu après deux ans de culture en terrain découvert (53^g, 8) est à peu près le double du poids maximum des tubercules des *Arum italicum* recueillis dans leurs stations originelles.

BIOCHIMIE VÉGÉTALE. — *Extractions de l'enduit cireux du grain de blé, des lipides de la farine dans leurs rapports avec la valeur boulangère.* Note (1) de Mlle **Lisette Piettre**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Lors du trempage de différentes graines, nous avons constaté des variations notables de perméabilité. A. Étard (2) a montré que les organes aériens des plantes sont protégés contre les excès d'humidité et les divers microorganismes par un revêtement cireux formé de carbures saturés C^nH^{2n+2} et d'alcools mono- et polyatomiques.

I. Nous avons constaté la présence de ces substances à la surface des grains de blé avec différents solvants : acétone, éther, pentane, sulfure de carbone et ne donnons que les résultats obtenus avec l'éther; 120^g de grains sont versés dans une cartouche en papier épais et poreux, lestée après remplissage; on introduit la cartouche dans un appareil de Soxhlet et l'on fait l'extraction.

(1) Séance du 28 juillet 1941.

(2) *La biochimie et les chlorophylles*, Paris, 1906, p. 152.

L'opération demande environ 50 heures avec l'éther pour un épuisement complet, contrôlé par une deuxième extraction; l'éther distillé laisse un résidu lipidique, jaune verdâtre avec le blé *Moyencourt* 31; jaune d'or avec les blés *Hybride* 40, *Côte d'Or*. Solide à 20°, d'odeur aromatique avec nuance de pyroligneux, ce résidu est soluble dans les solvants organiques des lipides. Le pentane permet de le séparer en deux parts : 72 % d'une huile liquide teintée de brun et une poudre cristalline, grisâtre, fondant à 62°, agissant sur la lumière polarisée; 100^g de grains (taux d'humidité 10,85 à 11,26 %) donnent, pour les blés de printemps, *Vilmorin* 27, 0^g,2; *Vilmorin* 29, 0^g,15; *Moyencourt* 31, 0^g,261; pour les blés d'hiver, *Florence-Aurore*, 0^g,331; *Bersée*, 0^g,209; *Hybride* 40, 0^g,643; *Côte d'Or*, 0^g,19.

II. Nous avons ensuite soumis à ce même traitement par l'éther les farines provenant des mêmes blés, dont les grains venaient d'être débarrassés de l'enduit cireux de surface. Les grains, brillants et lisses, présentent des modifications de structure et de perméabilité. Après séchage dans un évaporateur Choay ils ont été réduits en farine moyenne et totale : 60^g de cette mouture furent épuisés à l'éther pendant 12 heures au lieu de 5 heures suivant la technique habituelle.

100^g des différents blés donnent, pour les blés de printemps, *Vilmorin* 27, 1^g,49; *Vilmorin* 29, 1^g,384; *Moyencourt* 31, 1^g,747; pour les blés d'hiver, *Florence-Aurore*, 1^g,85; *Bersée*, 1^g,749; *Hybride* 40, 1^g,78; *Côte d'Or*, 2^g,45.

III. Il nous a paru intéressant de rechercher si, après ce double traitement superficiel et profond, les farines, débarrassées de tout solvant, avaient conservé leurs propriétés plastiques.

La méthode de Pelshenke, qui n'exige que 5^g de mouture, est couramment employée aujourd'hui pour la détermination de la valeur boulangère des blés de sélection. Les épreuves ont été faites aux laboratoires Vilmorin-Andrieux sous la direction de M. Meunissier. C'est la mesure en minutes, à la température de 30°, du temps de rupture de la boulette de farine malaxée avec l'eau et la levure; on prend comme témoin la mesure obtenue avec une farine Florence-Aurore, pour laquelle le temps moyen de rupture est 84 minutes. Les farines intactes et les farines traitées à l'éther ont donné comme moyenne de plusieurs essais :

Blé.	*Farine intacte.*	*Farine traitée.*
Vilmorin 27............	68 minutes	154 minutes
Vilmorin 29............	41 »	60 »
Moyencourt 31.........	58 »	117 »
Bersée.................	21 »	56 »
Côte d'Or..............	42 »	112 »
Hybride 40.............	30 »	101 »

Les traitements des grains et des farines par le pentane, le sulfure de carbone et l'acétone ont donné des résultats du même ordre malgré des particularités qui nécessitent un exposé plus détaillé.

En conclusion, le grain de blé est recouvert superficiellement, au même titre que les autres parties de la plante, d'un enduit cireux dont la suppression modifie la perméabilité du grain; l'extraction des lipides contenus à l'intérieur du grain confère à la farine qui en provient une forte augmentation de l'indice de la valeur boulangère.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La dédifférenciation des organites d'Échinodermes, en survie* in vitro. Note (¹) de M. **J.-André Thomas**, transmise par M. Charles Pérez.

Chez certains organites en survie dans l'eau de mer, *in vitro*, suivant le procédé indiqué précédemment (²), la différenciation et les fonctions persistent pendant une longue période, jusqu'à l'approche même de la mort; tel est le cas, durant trois mois, des pédicellaires de *Marthasterias glacialis* (L.), qui semblent pouvoir se nourrir, dans une certaine mesure, par absorption tégumentaire de substances dissoutes. Inversement, chez plusieurs autres, la dégénérescence entraîne la mortification, parfois assez précoce, d'un territoire, puis de l'ensemble des tissus : il en est ainsi, par exemple, chez des Annélides et des Actiniaires. Nous allons montrer, dans cette Note, que plusieurs sortes d'organites, prélevés à quelques espèces parmi les quatre classes d'Échinodermes autres que les Stellérides, subissent une lente et profonde dédifférenciation, compatible cependant avec la survie et la résistance à l'infection en milieu non stérile.

Les degrés de la dédifférenciation des pédicellaires d'Échinides sont très inégaux. Chez *Echinus acutus* Lamarck, les globifères et les tridactyles meurent dans leur forme après 4 jours. Les petits globifères péribuccaux ont une survie plus longue; leur pédicule se développe, autour du style calcaire, en une masse hyperplasique arrondie, volumineuse. L'un d'entre eux a vécu 33 jours, *in vitro*, sa néoformation ayant été réséquée. Chez *Sphærechinus granularis* (Lamarck), les grands globifères se maintiennent en vie 14 jours sans modification apparente; les tridactyles, jusqu'à

(¹) Séance du 28 juillet 1941.

(²) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 85-88.

28 jours, accusant une certaine atrophie des pièces calcaires, tandis que les tissus réunissent les trois valves en un seul bloc. Celles des globifères péribuccaux, de même, sont immobilisés par un épiderme commun : mais il arrive aussi que ces pédicellaires de petite taille persistent, sans changement notable, pendant 45 jours.

Chez d'autres organites, la dédifférenciation est importante dans tous les cas. Les tubes ambulacraires de *Sphærechinus granularis* survivent 13 jours; au cinquième, déjà, il en est de méconnaissables. La régression est plus saisissante encore s'ils sont greffés deux à deux, ou même par groupes de six ou sept individus. Leur survie, dans ce cas, atteint 24 jours. Les zones d'implantation réciproque des tubes s'accroissent, puis disparaissent, noyées dans les tissus en remaniement; ceux-ci comblent peu à peu toutes les dépressions; les lobes bordant les ventouses s'effacent; finalement, l'ensemble, dont la taille diminue beaucoup, constitue une masse globuleuse uniforme où les vestiges des ventouses sont difficiles à distinguer.

Des phénomènes analogues aux précédents surviennent chez les pédicelles et surtout chez les fragments de tentacules des Holothurides aspidochirotes et dendrochirotes : terminaisons peltées de *Holothuria tubulosa* Gmelin et arborisations de *Cucumaria planci* (Brandt), conservées 28 jours. Avec cette dernière espèce, les résultats sont particulièrement suggestifs. Les ramifications de l'extrémité des tentacules perdent la finesse de leur contour, l'épiderme nivelle les surfaces, les disques adhésifs s'estompent; il ne subsiste qu'une sphère de volume réduit, pourvue de sclérites, où les traînées de pigment sont les seuls témoins, d'ailleurs de plus en plus imprécis, des structures disparues.

Qu'il s'agisse d'Échinides ou d'Holothurides, de telles formations dédifférenciées laissent lentement s'écouler, lorsqu'on les perce, une substance blanche, lamellaire ou fibreuse, qui se dissocie, puis se dissout dans l'eau de mer; elle provient de la mésoglée, en lyse partielle. Les fibres musculaires se résolvent en sarcolytes. D'autres tissus prolifèrent sans organisation. Les plus petits fragments, chez *Cucumaria*, par suite de la croissance importante de plages provenant de l'épiderme et de la paroi des canaux tentaculaires, ressemblent à des cultures de tissus; la masse mésogléenne centrale comprend des cellules de diverses souches, normales et en dégénérescence.

La dédifférenciation s'observe aussi chez les Ophiurides et les Crinoïdes. Les tubes ambulacraires de *Ophiothrix fragilis* (Abildgaard), peu vivaces, deviennent en 4 jours des sphérules où la place des papilles est à peine

indiquée. Les fragments de pinnules de *Antedon mediterranea* Lamarck se conservent pendant 10 jours; lorsqu'ils ne comprennent qu'un article calcaire, ils se transforment assez rapidement en petits corps coccoïdes à épiderme nu, les tubules ambulacraires ayant régressé.

Nous constatons donc, particulièrement chez les organites d'Échinides et d'Holothurides en survie, une dédifférenciation profonde, constante, corrélative de la dégénérescence de certaines structures et qui, par régulation de la forme, tend à imposer l'état d'équilibre le plus simple : la sphère. D'une façon générale, cette dédifférenciation est plus rapide, plus complète aussi, lorsque les fragments sont de petite taille. Elle est variable, en outre, chez certains organites entiers, congénères d'un même lot; enfin, entre ses degrés et ceux de la différenciation, il ne semble pas possible d'établir, dans les cas envisagés, un rapport net. Ainsi, bien que la déficience du système nerveux ne soit probablement pas étrangère à cette dédifférenciation, tout se passe comme si la cause principale de celle-ci était l'épuisement graduel d'une réserve de substances, peut-être spécifiques, indispensables au maintien de la différenciation.

Ces expériences simples semblent permettre une analyse physiologique de la dédifférenciation; elles conduisent aussi à éprouver la possibilité d'une redifférenciation.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Importance de l'oligoélément vanadium pour l'*Aspergillus niger. Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Il n'a pas été démontré que le vanadium puisse être considéré comme un élément indispensable pour les végétaux ([1]). A la suite de mes recherches sur la présence normale de ce métal chez les plantes ([2]), je me suis demandé si le vanadium n'est présent qu'à l'état d'impureté ou bien s'il joue un rôle physiologique.

Le travail résumé ci-après porte sur l'*Aspergillus niger* (*Sterigmatocystis nigra* de Cramer-van Tieghem). Ce végétal ne contient que très peu de vanadium : $0^{mg},15$ par kilogramme de matière sèche pour un échantillon; aussi, après de nombreux essais, ai-je dû recourir à un milieu de culture

---

([1]) Une bibliographie et d'autres détails paraîtront dans un autre Mémoire.

([2]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1170.

simple où, comme dans celui déjà utilisé avec succès pour montrer l'action du manganèse sur cette plante (3), la source de carbone est de l'acide succinique au lieu de saccharose et d'acide tartrique, ordinairement employés mais trop difficile à purifier :

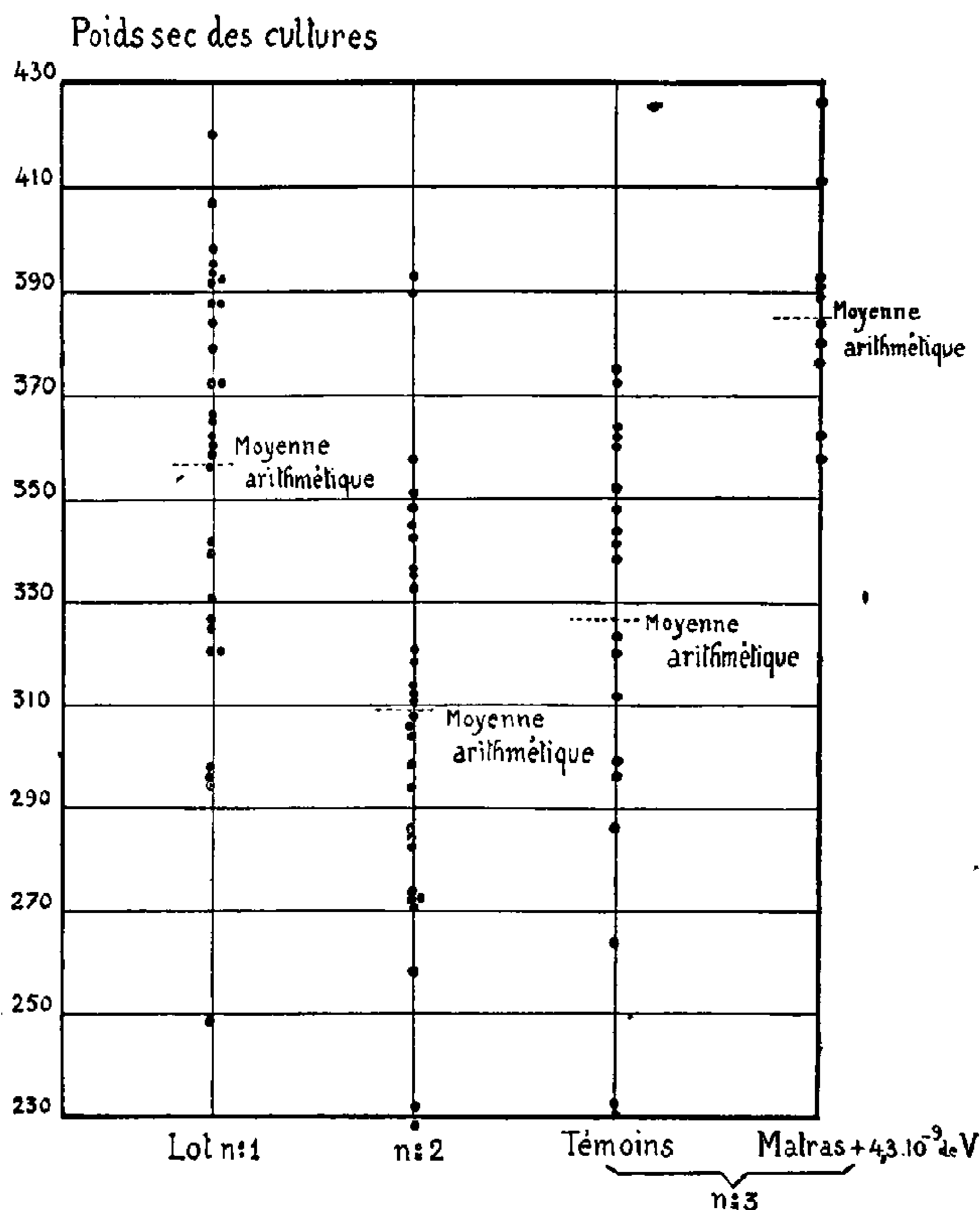
Eau q. s. pour	1^{l}	Fer	200^{γ}
Acide succinique	40^{g}	Zinc	180
Chlorure d'ammonium	2,5	Cuivre	40
Phosphate bipotassique	0,350	Manganèse	20
Sulfate de magnésium (crist.)	0,250	Molybdène	20

L'expérience m'ayant prouvé d'autre part que les recristallisations des sels sont insuffisantes pour éliminer tout le vanadium, j'ai amélioré cette purification en traitant le milieu non encore additionné de fer, cuivre et molybdène, par le cupferron. Avant d'ajouter le réactif organique, le milieu est additionné de son volume d'eau, acidifiée à pH 1,8 par de l'acide chlorhydrique; on extrait alors par du chloroforme suivant la technique antérieurement utilisée pour la recherche du vanadium dans les végétaux (4). L'acide ajouté est exactement neutralisé par de l'ammoniaque, donnant ainsi un pH 3,7, après concentration du milieu sous vide pour le ramener au volume primitif. Des essais de contrôle m'ont prouvé que, dans le milieu ainsi purifié, il avait moins de 1.10^{-9} de vanadium. Les quantités de fer, de cuivre et molybdène introduites après ce traitement apportaient moins de $0^{\gamma},01$ de vanadium.

Les cultures furent faites, en utilisant la souche n° AN 315 de l'Institut Pasteur de Paris, dans des matras cylindroconiques de verre pyrex de 125^{cm^3}, chaque matras ne contenant que 50^{cm^3} de liquide nutritif. Ces fioles, recouvertes d'un capuchon de papier filtre, furent stérilisées par simple ébullition du milieu de culture avant ensemencement; le pH très acide justifie cette façon de faire. La température fut de 32° à 33° et la récolte faite 4 à 5 jours après le début d'apparition des filaments du mycélium, des expériences préliminaires ayant montré que dans ces conditions le poids sec du champignon recueilli était maximum. Les variations de poids sont assez notables d'un matras à l'autre, rendant nécessaire l'emploi d'un grand nombre de cultures pour n'envisager les résultats que d'une

(3) Gabriel Bertrand, *Comptes rendus*, **154**, 1912, p. 616.
(4) Didier Bertrand, *Bull. Soc. Chim.*, séance du 11 juillet 1941.

façon statistique. L'expérience avec le milieu purifié au maximum est résumée sur le tableau ci-dessous.



On voit que, dans le lot n° 3, les cultures faites après addition de vanadium ($C = 4,3 . 10^{-9}$), ont un poids moyen nettement plus élevé (20,9 %) que celles obtenues sur le milieu purifié sans addition de vanadium. La comparaison ne peut pas être faite avec les lots n° 1 et n° 2, formés exclusivement de milieu non additionné de vanadium, parce que les conditions, notamment la température, furent légèrement différentes.

L'analyse chimique des témoins, soit $24^g,67$ de matière sèche, a permis d'y trouver $3^\gamma,2$ de vanadium, chiffre bien supérieur à ce qui pouvait rester de ce métal dans les 4 litres de milieux de cultures témoins. Il est vraisemblable que ce vanadium provient de l'attaque des récipients, mais, par suite des trop faibles concentrations en cause, la démonstration

ne pourra être donnée qu'en utilisant, tant pour la préparation des sels du milieu que pour la culture, des récipients d'une nature telle qu'il ne puisse y avoir apport de vanadium. Les circonstances actuelles ne me permettant pas d'entreprendre ce travail, j'ai dû interrompre ces recherches.

Il y a lieu de remarquer que les teneurs en vanadium de l'*Aspergillus niger* ayant poussé sur le milieu purifié sans addition de l'oligoélément et sur un milieu non purifié, qui contenait $6^{\gamma},7$ de vanadium par litre, sont peu différentes et doivent représenter la teneur normale de la souche envisagée; il suffirait donc à celle-ci, dans cette hypothèse, de $2,10^{-9}$ de vanadium dans le milieu de culture pour obtenir un rendement maximum de poids sec de mycélium.

En conclusion, ces recherches montrent que le vanadium joue pour l'*Aspergillus niger* un rôle physiologique important, à des concentrations que ce végétal peut rencontrer dans la nature et que, pour la souche étudiée, le minimum de vanadium nécessaire est de l'ordre de 2 milliardièmes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence et l'origine de l'acétylméthylcarbinol et du butanediol 2-3 dans les cidres normands. Les Aerobacter en cidrerie.* Note de MM. **Gustave Guittonneau**, **Jean Tavernier** et Mlle **Marie Bejambes**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

A la suite d'études sur les cidres dits *framboisés* antérieurement rapportées ([1]), nous avons été conduits à rechercher la présence de l'acétylméthylcarbinol (désigné dans notre Note par la lettre A) et du butanediol 2-3 (désigné par la lettre B) dans les cidres normands. On pouvait se demander en effet si l'accumulation d'éthanal qui caractérise la première phase de la maladie ne suffit pas, dans certains cas, à provoquer sous l'action de la levure, une synthèse carboligasique qui aboutirait à la production de A suivant le mécanisme signalé en 1921 par Neuberg et Hirsch ([2]).

Pour caractériser ou doser le composé A, nous avons fait appel à la méthode de Voges-Proskauer ([3]) ou à celle de Lemoigne ([4]). Le dosage

([1]) G. Guittonneau, G. Mocquot et J. Tavernier, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 809; *Ann. de technologie agr.*, 3, 1940, p. 33.

([2]) *Bioch. Z.*, 115, 1921, p. 282.

([3]) *Z. Hyg.*, 28, 1898, p. 20.

([4]) *Comptes rendus*, 170, 1920, p. 131.

de B a été effectué à l'état de nickeldiméthylglyoxime après oxydation par le brome. Malheureusement, dans les cidres, cette oxydation ne permet pas d'obtenir une transformation quantitative de B en diacétyle. Cependant, en conduisant l'oxydation avec ménagement et en opérant toujours dans les mêmes conditions, nous avons obtenu des résultats concordants dont le sens ne pouvait être mis en doute.

Nous avons examiné tout d'abord des cidres de Basse-Normandie de fabrication plus ou moins ancienne, prélevés dans les collections de la Station pomologique de Caen ou achetés dans le commerce. Quelques-uns de ces cidres avaient été reconnus *framboisés* lors de leur fabrication. D'autres n'avaient pas eu à souffrir de cette altération. Les résultats de nos analyses ont montré que : 1° sur 31 échantillons examinés, 27 renfermaient les corps A et B à des doses variant de quelques milligrammes à 700 milligrammes par litre; 2° plus le cidre était de fabrication ancienne, plus grande était la proportion de B par rapport à A.

Même lorsque les cidres avaient été *framboisés*, la synthèse carboligasique ne pouvait expliquer que partiellement la formation de A. En effet, dans des cultures pures de levures sur moûts de pommes stérilisés par filtration et additionnés de 1^g par litre d'éthanal, dose maxima rencontrée dans les cidres *framboisés*, nous n'avons trouvé, en fin de fermentation, que des quantités de A et B ne dépassant pas au total 100^{mg} par litre.

Nous étions ainsi conduits à penser que les composés A et B devaient avoir dans les cidres une autre origine que le travail de la levure.

L'étude bactériologique des échantillons que nous avions soumis à l'analyse chimique, nous a en effet révélé que tous ceux qui contenaient les composés A et B renfermaient aussi des bactéries mobiles ou immobiles, productrices de ces deux corps aux dépens des sucres. Nous les avons identifiées à des *Aerobacter* (*A. aerogenes* et *A. cloacæ*).

On sait que les *Aerobacter* peuvent réduire les nitrates en nitrites, et les souches que nous avons isolées des cidres se sont montrées capables d'effectuer cette réduction dans des moûts de pommes filtrés et légèrement nitratés.

Sous l'influence du nitrite formé, les moûts prenaient alors une coloration verte identique à celle que l'on observe dans le verdissement pathologique des cidres antérieurement signalé par Warcollier ([5]). Les *Aerobacter*

([5]) *Comptes rendus*, 158, 1914, p. 973.

représentent donc, sans aucun doute, les agents microbiens responsables de la maladie dite des *cidres verts*.

Pour nous rendre compte des relations qui peuvent exister entre les développements respectifs des levures et des *Aerobacter* dans les moûts de pommes, nous avons suivi l'invasion microbienne de différents cidres fabriqués dans la région de Caen, au cours des campagnes 1939-1940 et 1940-1941. Ces recherches ont abouti aux observations suivantes :

1° Dans les cidres de fabrication fermière, où la levure se développe librement et envahit rapidement le liquide, la prolifération des *Aerobacter* se trouve entravée et, corrélativement, les composés A et B restent peu abondants.

2° Dans les produits industriels au contraire, on cherche à ralentir et à limiter le développement de la levure dans le but d'obtenir des cidres restant doux (soutirages, filtrations et réfrigérations). On tend alors à laisser le champ libre aux *Aerobacter*, qui, se développant bien, produisent des doses de A et B beaucoup plus élevées que dans le cas précédent.

En résumé, les conclusions pratiques qui ressortent de cette étude sont les suivantes : 1° la présence des *Aerobacter* est extrêment fréquente dans les cidres de Basse-Normandie; 2° toute pratique industrielle qui a pour but de ralentir ou de limiter la fermentation alcoolique en vue d'obtenir des cidres doux tend à favoriser la prolifération et l'activité de ces bactéries indésirables.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUILLET 1941.

Annales de l'Institut de physique du globe de l'Université de Paris et du Bureau central de magnétisme terrestre, publiées par les soins de M. CHARLES MAURAIN. T. 19, Paris, Presses universitaires de France, 1941; 1 vol. 32cm.

Comptes rendus des séances de la Société de physique biologique de France. Novembre 1940, n° 40. *Séance du 24 octobre 1940 à Clermont-Ferrand.* Supplément aux *Archives de physique biologique*, t. 15, 1940.

Id. — Décembre 1940, n° 41. *Séance du 21 décembre 1940, à l'École de médecine de Clermont-Ferrand.* Id., t. 15, 1940.

Id. — Janvier 1941, n° 42. *Séance du 25 janvier 1941, à l'École de médecine de Clermont-Ferrand.* Id., t. 15, 1940-41.

Id. — Février 1941, n° 43. *Séance du 22 février 1941, à l'École de médecine de Clermont-Ferrand.* Id., t. 15, 1940-41.

Id. — Mars 1941, n° 44. *Séance du 22 mars 1941, à l'École de médecine de Clermont-Ferrand.* Id., t. 15, 1940-41.

Id. — Avril 1941, n° 45. *Séance du 26 avril 1941, à l'École de médecine de Clermont-Ferrand.* Id., t. 15, 1940-41.

Hélios Scaëtta 1894-†1941, par AUGUSTE CHEVALIER. Extrait de la *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, nos 237-238, mai-juin 1941. Publication du Laboratoire d'agronomie coloniale du Muséum. Paris, Laboratoire d'agronomie coloniale, 1941; 1 fasc. 24cm.

L'utilisation du Maïs et du Sorgho sucrés comme plantes saccharifères et alcooligènes, par E. MIÈGE. Extrait de la *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, nos 225 à 229, 1940, 20e année. Paris, Laboratoire d'agronomie coloniale; 1 fasc. 24cm (présentée par M. A. Chevalier).

Une plante textile tropicale peu connue : le Cephalonema polyandrum K. Schum. et deux autres plantes à fibres, par AUGUSTE CHEVALIER. Extrait de la *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, nos 228-229, 1940, 20e année. Paris, Laboratoire d'agronomie coloniale; 1 fasc. 24cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 AOUT 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie le décès survenu à Toulouse, de M. **Paul Sabatier**, Membre non résidant.

LITHOLOGIE. — *Péridotite et sagvandite du Sud de Madagascar.* Note de M. **Alfred Lacroix**.

Une collection de roches recueillies systématiquement par M. Seyrig dans les travaux souterrains de la mine de phlogopite d'Ampandrandava ouvre une question intéressante, mais difficile à résoudre dans les circonstances actuelles. Elle montre qu'une *péridotite* y existe à côté de la pyroxénite renfermant le gîte de mica [1]; jusqu'alors cette roche inattendue n'avait pas été distinguée de cette dernière en raison d'une ressemblance morphologique que seule a pu dépister l'étude microscopique dans le laboratoire.

Un banc de péridotite d'un vert olive, n'ayant que quelques décimètres de puissance, suit le banc principal de pyroxénite exploité; par places, il se renfle en petites poches remplies de calcite, ailleurs il est étranglé et réduit à une fente étroite pleine de biotite parfois associée à de la calcite.

Cette roche est essentiellement formée par des grains d'olivine et par

---

[1] A. Lacroix, *Comptes rendus*, 210, 1940, pp. 273, 353 et 212, 1941, p. 941.

des cristaux du même minéral aplatis suivant g^1, là où ils sont accompagnés de calcite; des lames de biotite sont distribuées irrégulièrement, d'autres sont accolées d'une façon continue sur les parois de toutes les fissures de cette péridotite. Au voisinage des poches de calcite, comme pour le diopside dans les pyroxénites, le grain de la calcite et de l'olivine augmente et les cristaux de cette dernière développés dans la poche, prennent parfois des dimensions exceptionnelles (jusqu'à 20^{cm} pour l'olivine). Ces cristaux présentent aussi des particularités spéciales; les formes observées sont h^1, g^1, e^1, $e^{1/2}$, $e^{1/3}$, a^1, $b^{1/2}$, mais les prismes m et g^3, d'ordinaire constants dans ce minéral, sont absents.

Ce péridot est accompagné de cristaux de mica, dont les dimensions ne dépassent pas un décimètre, et plus rarement de cristaux de diopside vert.

De même que la pyroxénite, cette péridotite est traversée par une *dissogénite*, à facies pegmatitique, digne d'être signalée; son microcline, d'une grande fraîcheur, a des reflets bleuâtres, rappelant ceux de l'anorthose de la larvikite de Norvège. Au contact des deux roches, se trouve une étroite zone d'andésine, puis de mica englobant des baguettes de bronzite; au delà, la péridotite est hétérogène; certains points sont riches en paillettes de biotite, d'autres en traînées de bronzite jaune, parfois associée à du diopside et de la magnétite, le tout pouvant être enveloppé par une amphibole.

Enfin, il faut signaler l'existence de veinules rectilignes d'*anorthite* d'une épaisseur de 1 à 2^{cm}; dont la couleur blanche bleutée et éclatante, tranche sur le fond vert sombre de la péridotite. Ces veinules sont entourées par une gaine symétrique formée de mica, d'amphibole de couleur foncée et enfin de diopside vert clair, au delà duquel la péridotite renferme des lames d'une hornblende verdâtre et des lamelles de mica qui constituent, par places, de véritables nids entourés par du pyroxène.

Je n'insiste pas sur les détails minéralogiques de ces roches et de leur contact, car ils sont développés dans un Mémoire qui s'imprime à Tananarive sous les auspices du Service géologique de Madagascar; je me contenterai de donner les trois analyses suivantes, dues à M. Raoult.

1. Olivine (densité 3,376).
2. Péridotite V.1(2).5.1.1'.
3. Péridotite au contact de la dissogénite (IV)V.1.'3.1(2).1'.

	1.	2.	3.
SiO^2	40,36	38,68	47,34
Al^2O^3	0,12	2,21	3,26
Fe^2O^3	0,85	5,15	2,61
FeO	10,71	6,53	5,20
MnO	0,49	0,16	0,11
MgO	47,11	42,57	31,28
CaO	0,10	0,98	7,56
Na^2O	–	0,07	0,02
K^2O	–	0,67	0,57
TiO^2	–	traces	traces
H^2O+	0,23	3,04	2,22
H^2O-	0,07	0,13	0,21
NiO	0,02	n.d.	n.d.
	100,06	100,19	100,38

Comment expliquer la présence d'un ou de plusieurs bancs de cette péridotite au voisinage de la pyroxénite? La première a-t-elle la même origine métamorphique que la seconde ou bien est-elle d'origine intrusive et, dans ce cas, ce que j'ai qualifié de banc ne devrait-il pas être considéré comme dyke? Cette dernière hypothèse paraît suspecte pour des raisons minéralogiques; la péridotite ressemble à une *dunite*, mais toutes les dunites connues renferment au moins une petite quantité d'un spinellide, or celui-ci n'existe pas dans notre roche; d'autre part, on ne peut l'identifier aux *péridotites* à *biotite* car, dans celles-ci, la biotite est un minéral essentiel, d'*origine magmatique*, à distribution régulière et copieuse; un spinelle très ferrifère abonde. Par suite, la roche est riche en alumine, en fer, en potasse, toutes propriétés qui diffèrent de celles de la péridotite discutée.

Peut-être ces diverses raisons paraîtront-elles quelque peu fragiles, mais un fait reste certain; c'est que dans la péridotite d'Ampandrandava le mica n'est pas primaire; l'extrême irrégularité de sa teneur et de sa distribution est frappante et s'explique par une *origine pneumatolytique*, en rapport avec la venue de la dissogénite dont les émanations ont apporté à la péridotite de la silice, grâce à laquelle l'olivine a été partiellement remplacée par la bronzite; elle y a apporté encore de la chaux, expliquant la présence du diopside et de l'amphibole, puis un peu d'alumine et de la potasse, contenues dans le mica. La comparaison des analyses 2 et 3 est démonstrative à cet égard.

Pour résoudre toutes les questions soulevées, il sera nécessaire d'étudier avec soin, sur place, les relations des diverses roches qui font l'objet de

cette Note. Ce gisement a l'inconvénient de n'être pas au jour, car il se trouve en profondeur à 80m de la surface, aux prises d'une tectonique très bouleversée, mais il a l'avantage précieux de fournir des matériaux d'une rare fraîcheur.

Cette conclusion m'a ramené à une autre roche magnésienne pour quoi se pose un problème analogue; elle a été recueillie par M. Bessairie (2) à l'Ouest du cours moyen de l'Ilempo, près de Benato, localité du Sud de Madagascar où ont été exploités des gîtes de mica du même type que celui d'Ampandrandava, dans les paragneiss; c'est au milieu de ceux-ci qu'a été rencontrée la roche en question, malheureusement les conditions de son gisement n'ont pas été précisées.

J'ai identifié cette roche avec la *sagvandite*, connue jusqu'alors seulement en un point du Nord de la Norvège dans la région de Tromsoë près du lac de Sagvand (Belsfjord), où elle forme deux petits dômes de 50 à 100m de diamètre dans des schistes chloriteux et des micaschistes.

Cette roche à gros grain, de couleur grise ou jaunâtre, est faite de *bronzite* et de *giobertite* (magnésite) ferrifère, avec quelques lamelles de talc et de petits grains de chromite ou de picotite. La composition minéralogique de la roche norvégienne et de la malgache est identique, au point de vue qnalitatif, mais il existe des différences *quantitatives*, ainsi qu'on le voit dans les analyses ci-dessous :

1. Sagvandite Belsfjord (Barth).
2. » » (Raoult).
3. » Benato (-).

	1.	2.	3.
SiO^2	49,9	37,36	30,36
Al^2O^3	1,8	0,13	traces
Fe^2O^3	–	1,18	1,12
FeO	8,2	6,72	5,55
MnO	–	0,10	0,12
MgO	35,1	36,78	39,73
CaO	–	0,36	0,28
Na^2O	–	0,36	0,07
K^2O	–	0,13	0,22
H^2O^+	–	1,77	2,06
H^2O^-	–	0,21	0,40
Cr^2O^3	–	0,32	0,08
CO^2	5,1	14,98	23,03
	100,1	100,40	100,02

(2) *Recherches minéralogiques à Madagascar* (*Thèse*), 1930, p. 173.

Chacun des deux points de vue exposés plus haut a été défendu, l'un par Rosenbusch ([3]), qui a rangé la savgandite parmi les schistes cristallins et l'autre par M. Tom Barth ([4]), qui l'a considérée comme étant une roche éruptive, aussi est-il à désirer que le gisement de Madagascar soit retrouvé, puis examiné à nouveau.

En faisant hommage à l'Académie, au nom de M. F. Blondel, de deux Volumes intitulés *Bibliographie géologique et minière de la France d'outre-mer*, M. **Alfred Lacroix**, qui en a écrit la *Préface*, s'exprime en ces termes :

« En novembre 1937, j'ai présenté à l'Académie un Volume de M. F. Blondel donnant la liste de tous les Volumes, Mémoires et Notes publiés sur la minéralogie, la géologie, les mines et la géographie physique des Colonies françaises. Cet Ouvrage, fait à la hâte à l'occasion d'un Congrès qui a eu lieu au cours de l'Exposition coloniale, n'était que le résultat d'une première prospection tiré à une centaine d'exemplaires seulement, destiné aux savants disposés à nous aider pour le perfectionner.

« C'est aujourd'hui l'Ouvrage définitif qui est offert à l'Académie. Il représente un effort considérable fait en France dans des circonstances difficiles, en outre un grand nombre de géologues français et étrangers ont aidé l'auteur, en lui signalant des travaux souvent publiés au loin ou en complétant des données bibliographiques déjà réunies, mais difficiles à atteindre.

« Le premier Volume comprenait environ 9000 cotes ; ces deux Volumes définitifs en contiennent 16000, développés sur 1037 pages. Ainsi est démontré à quel point le sol de la France d'outre-mer a été l'objet de recherches savantes intéressantes et fructueuses. »

CHRONOMÉTRIE. — *Couteaux réalisant rigoureusement l'isochronisme d'un pendule.* Note ([1]) de M. **Jules Haag**.

1. J'ai étudié ([2]) l'influence du couteau sur l'isochronisme et j'ai montré comment on peut, en choisissant convenablement sa forme,

---

([3]) *Neues Jahrb. f. Min.*, 1884, I, p. 195.

([4]) *Norsk geologisk tidesskrift*, 9, 1926, p. 271.

([1]) Séance du 11 août 1941.

([2]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 743.

améliorer considérablement cet isochronisme. Je vais indiquer maintenant le moyen d'obtenir des *couteaux donnant l'isochronisme parfait*. J'utiliserai à cet effet la méthode employée par M. Chazy pour généraliser le pendule cycloïdal ([3]).

Supposons le support plan et soit C la section du couteau par le plan d'oscillation contenant le centre de gravité G du pendule. Soient Oy la normale abaissée de G sur C, orientée vers le haut; Ox la tangente en O; x, y les coordonnées du point de contact M pour l'élongation θ; a la distance GO et R le rayon de giration autour de G. L'équation différentielle du mouvement est

$$(1)\qquad [R^2+x^2+(y+a)^2]\theta'^2=2g(y\cos\theta-x\sin\theta+a\cos\theta)+h.$$

Posons

$$(2)\qquad x\sin\theta-y\cos\theta-a\cos\theta+a=\frac{u^2}{2g},$$

$$(3)\qquad R^2+x^2+(y+a)^2=f^2u'^2,$$

où f désigne, selon la méthode de M. Chazy, la somme d'une constante λ et d'une fonction impaire de u et où u' représente $du/d\theta$. Dans ces conditions la période est $2\pi\lambda$, *quelle que soit l'amplitude*.

Comme θ est l'angle polaire de la tangente à C, l'équation (2) peut être considérée comme l'équation de cette tangente. On en déduit, en prenant l'enveloppe,

$$(4)\qquad x=\left(\frac{u^2}{2g}-a\right)\sin\theta+\frac{uu'}{g}\cos\theta,\qquad y+a=\left(a-\frac{u^2}{2g}\right)\cos\theta+\frac{uu'}{g}\sin\theta.$$

Portant dans (3), on obtient l'équation différentielle

$$(5)\qquad u'^2=\frac{(u^2-2ga)^2+4g^2R^2}{4(g^2f^2-u^2)};$$

d'où l'on tire

$$(6)\qquad \theta=2\int_0^u\frac{\sqrt{g^2f^2-u^2}}{\sqrt{H}}\,du,\qquad H=(u^2-2ga)^2+4g^2R^2.$$

Cette quadrature effectuée, les formules (4) nous donnent les *équations paramétriques de la courbe* C. Le rayon vecteur $r=GM$ est donné par une formule simple, déduite de (3) et (5). Le rayon de courbure de C, compté

([3]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 93.

positivement sur la direction d'angle polaire $\theta + \pi/2$, est

$$\rho = \frac{u^2}{2g} - a + \frac{uu'' + u'^2}{g},$$

ou, en tenant compte de (5),

$$(7) \qquad \rho = gf\,\frac{-uf'\Pi + f[-u^4 + 2f^2g^2(u^2 - 2ga) + 4g^2(a^2 + R^2)]}{4(g^2f^2 - u^2)^2}.$$

Si l'on prend pour axes fixes OXY la position d'équilibre des axes oxy, les équations paramétriques de la *trajectoire de* G sont enfin, en appelant s l'arc OM,

$$X = s - (y + a)\sin\theta - x\cos\theta = s - \frac{uu'}{g}, \quad Y = -(y + a)\cos\theta + x\sin\theta = \frac{u^2}{2g} - a.$$

Or

$$s = \int_0^\theta \rho\, d\theta = \frac{uu'}{g} + \int_0^\theta \frac{u^2 - 2ag}{2g}\, d\theta.$$

Donc

$$(8) \qquad X = \frac{1}{g}\int_0^u (u^2 - 2ag)\frac{\sqrt{g^2f^2 - u^2}}{\sqrt{\Pi}}\, du, \qquad Y = \frac{u^2 - 2ag}{2g}.$$

2. Considérons le cas particulier du *couteau symétrique*, obtenu en réduisant f à une constante $f = \sqrt{l/g}$, l représentant par conséquent la longueur du pendule synchrone. La formule (7) se réduit à

$$(9) \qquad \rho = l\,\frac{-u^4 + 2lgu^2 + 4g^2(a^2 + R^2 - al)}{4(lg - u^2)^2}.$$

Pour que le couteau soit *matériellement réalisable*, il faut que $\rho > 0$. Ceci devant avoir lieu en particulier pour $u = 0$, on a nécessairement $l < (a^2 + R^2)/a$, ce qui est bien d'accord avec l'étude des oscillations infiniment petites, qui montre que la durée d'oscillation est diminuée par la courbure du couteau.

Si $R \neq 0$, les intégrales des formules (6) et (8) sont hyperelliptiques. En posant $u = \sqrt{lg}\sin\varphi$, on obtient

$$(10) \qquad \theta = 2\int_0^\varphi \frac{\cos^2\varphi}{\sqrt{\left(\sin^2\varphi - \frac{2a}{l}\right)^2 + \frac{4R^2}{l^2}}}\, d\varphi.$$

Pratiquement, le second terme du radical est très petit par rapport au premier. On peut donc développer par la série du binome et effectuer l'intégration.

3. Considérons enfin le cas $R = 0$, qui correspond à un pendule réduit au point G. Il est évident qu'on doit retomber sur le *pendule cycloïdal*. Effectivement, les formules (8) deviennent

$$X = -\frac{l}{4}(2\varphi + \sin 2\varphi), \qquad Y = \frac{l}{4}(1 - \cos 2\varphi) - a.$$

La quadrature (10) est élémentaire. En posant $2a/l = \text{ch}^2\alpha$, on trouve que la courbe C est définie paramétriquement, en coordonnées polaires, par les formules

$$r = l\frac{\cos^2\varphi + \text{sh}^2\alpha}{2\cos\varphi}, \qquad \omega = \varphi - 2\,\text{tgh}\,\alpha \,\text{arctang}(\text{tgh}\,\alpha\,\text{tang}\,\varphi).$$

Quand cette courbe roule sur la droite $Y = a$, le pôle G décrit une cycloïde.

ÉLECTIONS.

Par la majorité absolue des suffrages, M. **Robert Bourgeois**, conformément à l'article 10 du décret du 15 avril 1941, est élu membre du *Conseil de perfectionnement de l'École Polytechnique*.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Georges Deflandre. *La vie créatrice des Roches. Le rôle bâtisseur des Êtres microscopiques et la genèse des Houilles et des Pétroles* (présenté par M. Maurice Caullery).

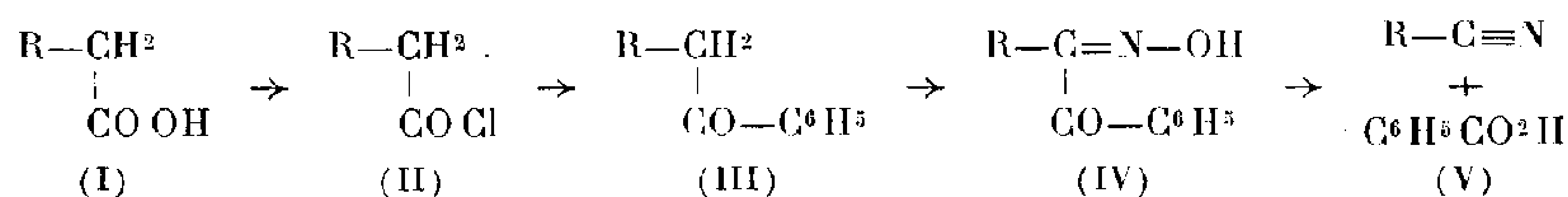
CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode générale de préparation de nitriles* R—CN *par rétrogradation des acides de formule* $R—CH^2—CO^2H$. Note [1] de MM. **Georges Darzens** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Charles Mauguin.

On sait que certaines cétones aromatiques nitrosées se scindent, par simple chauffage, en acides et nitriles. C'est ainsi que l'isonitrosoacétophé-

[1] Séance du 21 juillet 1941.

none se décompose en acides benzoïque et cyanhydrique ([2]) et que l'isonitrosophénylbenzylcétone donne de même du benzonitrile ([3]).

Nous nous sommes demandé si cette réaction ne pouvait pas se généraliser et constituer, par suite, une méthode générale de préparation de nitriles en prenant, comme point de départ, des acides de formule (I) qui seraient d'abord transformés en chlorures (II), puis condensés avec du benzène pour donner des cétones de formule (III). Ces dernières, isonitrosées, donneraient des isonitrosocétones (IV) se décomposant ensuite en acide benzoïque et nitriles (V)



L'expérience a entièrement confirmé cette supposition et, étant donné les rendements presque théoriques de ces différentes réactions, il en résulte une excellente méthode de préparation des nitriles R—CN par rétrogradation des acides $R—CH^2—CO^2H$.

Donnons, à titre d'exemple, la préparation du nitrile undécylique $C^{10}H^{21}—CN$ à l'aide de l'acide laurique $C^{11}H^{23}—CO^2H$.

Préparer d'abord du chlorure de lauryle en traitant 200g d'acide laurique (1mol) par 210g de PCl^5 suivant la technique habituelle. Après avoir chassé au vide le $POCl^3$ formé, dissoudre de suite le chlorure brut obtenu dans 600g de benzène sec et ajouter peu à peu à ce mélange bien refroidi (glace + sel) 135g de $AlCl^3$ en poudre fine; maintenir le tout à 0° pendant 3 heures avec fréquente agitation jusqu'à dissolution complète de $AlCl^3$, puis 12 heures à la température ordinaire. Faire le vide pour achever le départ de HCl, verser sur glace, décanter et laver à l'eau puis à la soude la solution benzénique, enfin chasser le benzène.

On obtient ainsi la laurophénone (F 46°), avec un rendement sensiblement théorique ([4]).

Dissoudre 26g de laurophénone (1/10e mol) dans 100g d'éther sec; refroidir à 0° et faire arriver environ 3g de HCl gazeux sec. Ajouter ensuite peu à peu 12g de nitrite

---

([2]) *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*, **20**, 1887, p. 2195.

([3]) A. Werner et A. Piguet, *Beritchte der Deutschen Chem. Gesell.*, **37**, 1904, p. 1295.

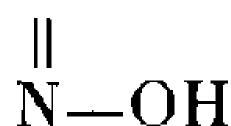
([4]) La laurophénone a déjà été préparée par Kipping et Russel (*J. Chem. Soc.*, **67**, 1895, p. 508), puis Haller et Bauer (*Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 9), mais avec un rendement très inférieur. Comme dans toutes ces condensations de chlorures d'acide il est très important d'opérer à basse température et d'assurer par le vide le départ de HCl.

d'isoamyle (théorie $11^g,7$) et maintenir 12 heures à 0°. La solution, d'abord fortement colorée en rouge, se décolore presque complètement. Verser sur glace, laver la solution éthérée d'abord à l'eau puis avec une solution de Na^2CO^3, sécher sur Na^2SO^4, enfin distiller l'éther et chasser au vide l'alcool amylique formé. On obtient ainsi 28^g de dérivé (théorie $28^g,9$) sous forme d'une huile jaune.

Pour obtenir le nitrile maintenir cette huile 3 heures au bain d'huile à 200-210°, reprendre par l'éther, puis laver cette solution au carbonate de soude dilué pour éliminer l'acide benzoïque. Chasser l'éther et distiller au vide. Rendement 12^g de nitrile, soit 75 % de la théorie, E_{22} 142-144°, E_{760} 255°. Par saponification il donne l'acide undécylique, E_{12} 170°, F 28°.

Nous avons ainsi fait réagir les acides aliphatiques depuis l'acide valérianique jusqu'à l'acide laurique et constaté que cette méthode donne les nitriles avec un rendement d'autant plus élevé que l'acide générateur a un poids moléculaire plus grand; elle a donc surtout de l'intérêt pour la préparation des nitriles de poids moléculaire élevé, d'ailleurs plus difficilement accessibles par les méthodes classiques.

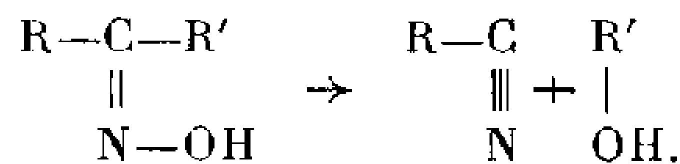
Au cours de ce travail nous avons été amenés à constater un fait nouveau remarquable qui mérite d'être signalé : les isonitrosophénones de formule générale $C^6H^5—CO—C—C^nH^{2n+1}$ sont solubles dans les alcalis jusqu'au



terme en C_6 inclus ([5]) comme l'admettent les auteurs; par contre les termes supérieurs ne le sont plus et il est probable qu'on doit, par suite, leur assigner une autre formule de constitution; nous nous proposons de revenir sur cette question.

Parmi les corps obtenus signalons l'œnanthophénone, qui n'avait pas encore été préparée. Liquide incristallisable (E_{26} 161°) dont le dérivé isonitrosé soluble dans la soude fond à 107°, il donne par pyrogénation le capronitrile.

Remarquons, pour terminer, que cette décomposition en nitriles des isonitrosocétones est un cas particulier de la réaction dite transposition de Beckmann de 2e espèce, représentée par le schéma



(5) HARTUNG, MUNCH, DECKERT et CROSSLEY (*J. Am. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 3317) ont préparé l'isonitrosooctanophénone $C^6H^5 — CO — C — C^6H^{13}$ et constaté qu'elle



est soluble dans la soude, d'où elle peut être précipitée par les acides.

En fait, on peut également l'obtenir par l'action des chlorures d'acide, comme l'a indiqué Beckmann. Nous l'avons réalisée par le chlorure de thionyle, qui, à notre connaissance, n'avait pas encore été utilisé dans ce but. Mais les rendements sont moins bons que par la pyrogénation, surtout pour les termes supérieurs.

PÉDOLOGIE. — *Sur quelques propriétés des limons.* Note [1] de M. **Boris Brajnikov.**

Le système *sol* (au sens le plus large du mot) + *eau* peut se comporter comme un liquide, un solide ou un *visqueux* selon les proportions relatives des deux phases.

Atterberg [2] avait déja délimité les différents états possibles d'un tel système et avait proposé deux tests qui fixaient pour lui la séparation entre les états liquide et *visqueux* (limite de liquidité-F) et les états visqueux et solide (limite inférieure de plasticité-A). Il obtenait ainsi, pour un système donné, une caractéristique qu'il appelait *indice de plasticité*, $P = F - A$.

Dans la suite, cette caractéristique s'est révélée avoir une grande importance technique.

Toutefois la difficulté de saisir la signification physique de cet indice de plasticité m'a conduit à chercher à le relier à d'autres propriétés plus faciles à définir et mesurables avec plus de précision.

Le matériel d'étude choisi est le même que celui qui m'a servi à caractériser granulométriquement ce qu'on appelle habituellement les *limons* [3]. Cependant je n'ai utilisé que la fraction inférieure à 90^{μ}, qui constitue de 85 à 99 % de l'ensemble naturel. Cette fraction, obtenue par tamisage, a subi le même traitement que dans mes expériences précédentes. Les mesures des limites de liquidité et de plasticité ont été faites selon les techniques utilisées au Laboratoire des Sols et Fondations. Cette étude a été poursuivie dans le cadre des recherches entreprises par M. Jacques Bourcart et ses collaborateurs sur les boues.

1. L'*eau d'imbibition* (E_i) [4] du dépôt formé par *tassement libre sous l'eau*

---

(1) Séance du 4 août 1941.

(2) *In* K. Terzaghi, *Erdbaumechanik*, 1925.

(3) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 800.

(4) La teneur en eau est exprimée en % de la matière sèche.

après agitation, sous pression normale, peut être représentée par une fonction linéaire, pour une série de limons. On obtient ainsi un *classement* par types tels que, dans chacun de ceux-ci, nombre de propriétés varient dans le même sens que E_i. Il semble que nous soyons en présence d'un des caractères fondamentaux des limons.

Considérons d'abord les relations entre E_i et P. Si, dans un système de coordonnées, nous représentons E_i comme une fonction du type $\chi = a + ny$ $\left(y = \text{teneur en eau } \% ; \chi = \sum_1^n f(\chi_i)\right)$, les valeurs de P semblent, en première hypothèse, varier également suivant une loi linéaire, dont l'équation empirique serait, pour les limons étudiés et, dans les conditions des expériences, $\chi = a + 18{,}62\, n + 4{,}05\, ny$, d'où l'on tire

$$P = \frac{E - 18{,}62}{4{,}05}.$$

Lorsque $E = 18{,}62$ (domaine des sables), $P = 0$. Pratiquement P devient nul bien avant, mais ceci tient, en partie tout au moins, à ce que la technique d'Atterberg n'est pas applicable aux sables (dispersions grossières).

Ce n'est qu'en multipliant considérablement le nombre d'expériences qu'on pourrait voir si une formule de ce type est valable pour tout le groupe des limons et si l'on peut en établir une, couvrant également les domaines des sables, vases et argiles.

Les rapports entre E_i et le caractère granulométrique des limons restent peu nets. Les différents types granulométriques ne s'accordent pas avec les types établis en fonction de E_i. Il n'existe qu'une certaine concordance pour la courbe des particules $< 7\,\mu$ [pratiquement : *phase suspensoïde* de M. J. Bourcart (*Bull. Soc. géol.*)], et dans les limites des types de E seulement.

D'une manière générale, la valeur de E_i, pour un même matériau meuble, dépend du *mode d'arrangement* des particules. Pour en expliquer les rapports, de nombreux *schémas de structures* ont été proposés ([2]).

L'interprétation qu'on en tire ne porte, pourtant, que sur le phénomène secondaire d'agrégation. Il semble que les valeurs de E_i et de P, ainsi que les structures mêmes, doivent être fonction de la *liophilie* des matières constituantes des limons, autrement dit de leur *énergie de solvatation*, donc, en dernière analyse, de l'*intensité de leur champ électrostatique*.

2. Quelques essais préliminaires m'ont permis de serrer le problème.

Comme je l'ai indiqué plus haut, la granulométrie n'est pas en accord avec les valeurs de E_i et de P.. Les actions de surface proprement dites ne jouent donc qu'un rôle surbordonné dans les phénomènes dont il est question.

Le problème se laisse traiter, dans une certaine mesure, par l'analyse chimique, qui nous renseigne d'une part sur les *matières ionisables* (carbonates essentiellement), et d'autre part sur les *hydroxydes colloïdaux* ou les *phyllites*, en états différents d'évolution, qui peuvent s'y rencontrer. Ce problème est éminemment complexe. Je dois pourtant remarquer que, dans la plupart des cas, E_i ne varie pas en fonction de la teneur en ces constituants pris isolément.

La détermination de la *conductibilité électrique* (σ) des limons m'a permis de faire quelques constatations intéressantes.

Celle-ci varie considérablement avec la teneur en eau du limon et il semble y avoir une variation brusque aux environs de la limite de liquidité d'Atterberg.

Pour comparer les valeurs de σ et de E_i, j'ai déterminé les conductibilités à une teneur en eau égale à E_i, pour divers échantillons de limons. Aucun accord n'a pu être trouvé entre les deux variables ([6]).

Enfin il n'est pas sans intérêt de signaler l'existence, dans certains limons, d'une *force électromotrice* très faible, mais mesurable.

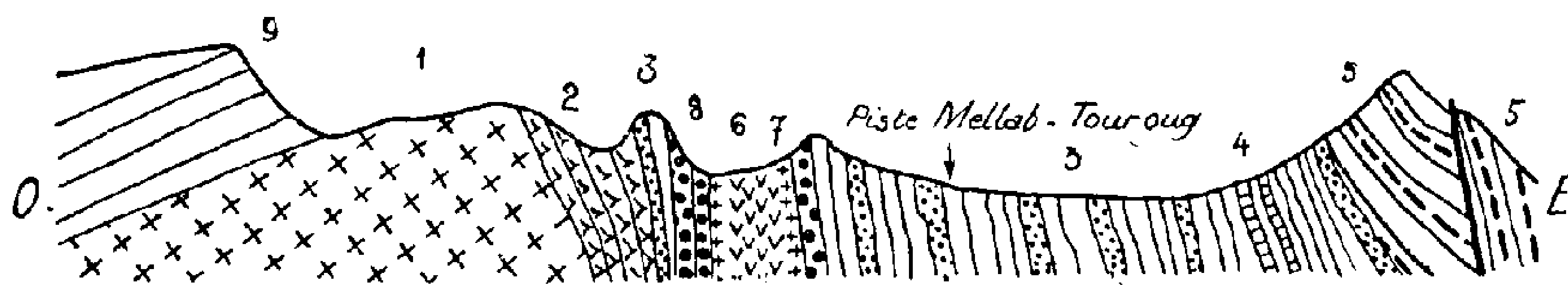
Les résultats surtout négatifs constatés ne sont nullement étonnants. Dans un milieu aussi complexe, chaque caractère, pris isolémemt, est facilement voilé dans son action par de nombreux autres. Ce n'est qu'en combinant les différents caractères que l'on peut espérer arriver à des résultats positifs. Ainsi, en recalculant les données des analyses chimiques, on peut évaluer grossièrement la proportion, dans un limon, des *matières inertes* (quartz) et des *matières actives* (matières ionisables, hydroxydes colloïdaux ou phyllites, matières organiques). On constate alors que la courbe des matières actives varie dans le même sens que E_i. La fraction granulométrique $< 7\,\mu$ est surtout constituée par les matières actives : c'est là l'explication d'un certain accord constaté entre la courbe de cette fraction et les valeurs de E_i.

([6]) Les valeurs extrêmes de σ_{E_i} trouvées sont de 0,003 et 0,021 ohm.

GÉOLOGIE. — *Sur la découverte de restes fossiles dans le Précambrien de Mellab (Djebel Ougnat, Sud marocain).* Note (¹) de Mme **Yvonne** et feu M. **Jean Gubler**, présentée par M. Charles Jacob.

En bordure nord du Djebel Ougnat, extrémité orientale du Djebel Sagho, s'ouvre, dans les dépôts transgressifs subhorizontaux du Géorgien et de l'Acadien étudiés par L. Clariond, une boutonnière de terrains antécambriens, plissés à la verticale, où se rencontre un cortège de roches éruptives dont la mise en place s'échelonne dans le temps.

La coupe ci-jointe, que l'on peut relever à travers la plaine de Mellab, est particulièrement parlante et met en évidence les problèmes d'ordre paléontologique et orogénique généraux qui en découlent.



Cette coupe, orientée grossièrement Est-Ouest, passe par la piste de Mellab-Touroug, à environ 3km,500 du poste de Mellab. On y voit, de l'Ouest vers l'Est, des schistes verts de l'Acadien daté, subhorizontaux (9) sous lesquels sort, au niveau de la plaine, un granite mylonitisé très leucocrate, décomposé en surface (1) et accompagné de gneiss feldspathiques et de micaschistes (2), contre lesquels s'appuie un complexe schistogréseux noir, vertical (3), de plusieurs centaines de mètres d'épaisseur. Certains éléments microbréchiques de ce complexe renferment, en galets, des fragments de granite *mylonitisé* (1) et de micaschistes (2). Intercalé dans les grès, à l'Est de la piste, affleure un niveau de quelques centimètres (4), formé de *calcaires à entroques* où se rencontrent des *fragments de tests d'Echinodermes* (Cystidés, Echinides ou Crinoïdes) dont M. Delépine a bien voulu confirmer la détermination. Les grès susjacents (5) qui couronnent la colline sont ici légèrement métamorphiques et butent par faille contre des quartzites blancs à tourmaline.

Dans ce complexe schisto-gréseux perce un granite monzonitique à

(¹) Séance du 4 août 1941.

hornblende (6), dont seuls de rares quartz à extinction roulante témoignent parfois de serrage tectonique. Il passe, en bordure, à une diorite quartzifère (7) dans laquelle on peut reconnaître des phénomènes d'endomorphisme. Aux salbandes de ces filons, le granite envoie des apophyses dans le complexe schistogréseux (3), le transformant au contact, sur une distance qui est de l'ordre du mètre, en véritable cornéenne à biotite (8).

Il est à noter qu'en dehors de la coupe, en maints endroits dans la plaine, pointent des diorites, des gabbros, des laves rhyolitiques, dont la mise en place est liée à celle du granite monzonitique à hornblende.

En conclusion, le socle antécambrien qui affleure se décompose comme suit : 1° un vieux matériel granitique broyé, laminé, ayant subi des efforts tectoniques importants, et solidaire d'une couverture de gneiss plus ou moins granitisés; 2° des grès et des schistes sur une forte épaisseur (on ne peut préciser s'il s'agit d'un fossé de subsidence) et dans lesquels apparaît *pour la première fois* un niveau calcaire avec restes fossiles. Le complexe schistogréseux plissé énergiquement par un second effort est accompagné de la mise en place de roches de profondeur syntectoniques, ou plutôt post-tectoniques, qui ne montrent aucun écrasement important. Toutefois ces roches ont été soumises aux contre-coups de phases orogéniques plus récentes dont témoignent de nombreux filons et des failles qui affectent également les terrains primaires de couverture.

De ces faits il se dégage que la mise en place des granites s'est produite en deux temps. L'une antérieure au premier paroxysme orogénique, l'autre, contemporaine ou immédiatement postérieure à une seconde phase dont l'âge peut être discuté.

Le granite leucocrate écrasé et sa couverture de micaschistes et de gneiss qui correspondent à une zone de métamorphisme *epi* seraient antérieurs à une phase tectonique algonkienne majeure à laquelle auraient succédé les dépôts schistogréseux et calcaires à restes d'Echinodermes signalés ici pour la première fois dans le Précambrien de l'Afrique du Nord ([2]). La seconde phase tectonique, posthume, qui a fortement plissé ce complexe sédimentaire, a été suivie de la mise en place du granite monzonitique et des gabbros qu'accompagnaient dans le temps l'émission considérable de coulées, de dykes, de laves rhyolitiques qu'aucun épisode sédimentaire ne paraît avoir interrompu jusqu'à la transgression de la mer géorgienne.

([2]) Par ailleurs M. Cayeux a signalé les restes d'Echinides dans l'étage huronien de la région des Grands Lacs en Amérique du Nord.

Sans qu'il soit possible, jusqu'ici, d'établir de relations précises entre les séries du Précambrien de l'Ougnat et celles, plus puissantes et plus complètes de l'Anti-Atlas, l'existence de deux phases tectoniques reconnues ici antérieurement à la transgression cambrienne se trouve confirmer les observations faites à l'Ouest de l'Anti-Atlas dans la région de Kerdous ([3]).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Caractéristiques caryologiques de* Vigna ambacensis *Welw.* Note de M[lles] **Aline Dusseau** et **Clotilde Magnant**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Notre matériel (échantillons d'herbier et graines) a été récolté par P. Créa'ch en juillet 1938 près de Fort-Lamy, Territoire du Tchad. La plante répond à la description de E. Baker dans *The Leguminosae of Tropical Africa* et à l'échantillon type n° 6204 de l'herbier A. Chevalier (Muséum national d'Histoire naturelle).

L'espèce *Vigna ambacensis* Welw. est une plante volubile, pubescente. Les feuilles ont trois folioles étroites, lancéolées. Notre échantillon est à fleurs jaunes comme celui de A. Chevalier, mais l'espèce peut présenter des fleurs violettes. Les graines sont ovales, à tégument lisse, beige uni ou moucheté de noir; elles ont en moyenne 3^{mm} de long et sont caractérisées par une caroncule blanche qui entoure le hile et ne dépasse pas la moitié de la longueur de la graine.

L'étude cytologique a été faite sur des méristèmes radiculaires. On relève jusqu'à présent dans les *Tables chromosomiques* (Tischler 1937 et L. O. Gaiser 1930 et 1933) deux nombres pour différentes espèces de *Vigna* : chez *V. sinensis*, *V. catjang*, *V. sesquipedalis*, $n = 12$ (Rau 1929, Kawakami 1930); chez *V. glabra*, *V. owahnuensis*, *V. vexillata*, $n = 11$ (Tschechow et Kartaschowa 1932) de même que chez *V. unguiculata* (Karpetschenko 1925). Chez *V. ambacensis* nous avons trouvé $2n = 20$, soit $n = 10$. Ce nombre est donc jusqu'ici exceptionnel dans le genre *Vigna* et en général dans la tribu des Phaséolées.

Le noyau de *Vigna ambacensis* Welw. est du type euchromocentrique, mais dans le noyau au repos définitif on distingue un léger réseau plus nettement visible que dans le noyau interphasique. Les chromosomes sont

([3]) Georges Choubert et L. Neltner, *C. R. s. Soc. Géol. France*, n° 10, 1938, p. 168.

petits, minces et sinueux. Ils subissent le clivage longitudinal à la métaphase. Quatre d'entre eux se terminent par un satellite. Deux de ces satellites sont sphériques et portés sur un filament court par des chromosomes à constriction submédiane. Les deux autres sont allongés et portés par des chromosomes à étranglement médian. On peut suivre l'évolution de ces corpuscules chromosomiens à partir de petits grains Feulgen positifs accolés au nucléole dans le noyau interphasique.

Au début de la prophase, quelques-uns des chromocentres périphériques s'allongent en direction du nucléole alors que les autres restent sur le pourtour du noyau. A la fin de la prophase, on observe la présence d'un finntractus nettement discernable entre certains des chromosomes et les granules centraux qui, encore fixés au nucléole, semblent bien être l'origine des satellites que l'on trouve dans les plaques métaphasiques. La présence du corps nucléolaire, coloré par le vert lumière, jusqu'au début de la métaphase permet en effet de vérifier que les granulations Feulgen positives que s'adjoignent quelques chromosomes sont bien accolées au nucléole; il s'agit donc de formations distinctes des euchromocentres voisins de la membrane. Ces satellites sont moins chromatiques que le reste du chromosome. Ils sont invisibles dans des coupes traitées à l'hématoxyline et très régressées, présentant toutefois une coloration suffisante pour mettre en évidence les chromosomes. Par contre, ils sont toujours parfaitement visibles après la réaction nucléale de Feulgen.

Sur des coupes longitudinales, le nucléole apparaît en rapport avec la plaque équatoriale au début de la métaphase, et en forme de larme comme il a été décrit dans d'autres cas. Il disparaît à la fin de la métaphase; il n'en subsiste aucun résidu à l'anaphase.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la solubilisation des matières azotées de l'orge par les solutions de salicylate de sodium.* Note de M. **Georges Lejeune**, présentée par M. Marcel Delépine.

Rose et Anderson [1] ont montré que le salicylate dispersait d'autant plus les substances azotées de l'orge que la concentration en salicylate était plus élevée. Le salicylate de sodium à 2 % dissout sensiblement le même pourcentage que les solutions de sulfate de potassium à 5 %. A la concentration de 10 %, 70 % des substances azotées passent en solution.

(1) *Canadian Journal of Research*, **14**, 1936, p. 109.

Les solutions de salicylate de sodium ayant un pH 7, on peut se demander quel est le rôle de l'acidité de la solution, les extractions au sulfate de potassium se faisant habituellement à pH 5.

Des extractions ont été effectuées sur une même farine par des solutions de sulfate de potassium et de salicylate de sodium à différents pH. Le pH 7 était obtenu en ajoutant 10 % de solution tampon de phosphates, le pH 4,5 en ajoutant 10 % de solution tampon acide acétique-acétate de sodium. Les résultats obtenus sont résumés dans les tableaux suivants :

	% d'azote en solution.
Salicylate 10%-pH 4,5	25,7
SO^4K^2 5% pH 4,5	25,7

	Azote % passé en solution.	Supplément d'azote solubilisé.	Azote % resté en solution après retour pH 4,7.	Déficit en azote.	Rapport supplémentaire (déficit).
Salicylate 10 % pH 7.	56,5	30,8	16,5	9,2	3,38
Salicylate 5 % pH 7.	44,4	18,7	19,6 (A)	6,1	3,26
SO^4K^2 5 % pH 7.	31,8	6,1	23,6	2,1	2,9

1° On voit qu'à pH 4,5 le salicylate ne présente aucune action supplémentaire vis-à-vis du sulfate de potassium. Par contre à pH 7 il dissout beaucoup plus d'azote que le sulfate de potassium.

Si l'on ramène le pH 7 à 4,5, non seulement la partie solubilisée est précipitée et insolubilisée de nouveau, mais elle entraîne une partie de l'azote soluble, environ le tiers de son poids.

L'analyse fractionnée de la portion A montre qu'elle contient 12 % d'azote coagulable par la chaleur et 42 % d'azote précipitable par le sulfate de magnésium. Comme dans l'analyse fractionnée de l'azote soluble à pH 4,5 dans le sulfate de potassium, on trouve (2) 33 % d'azote coagulable par la chaleur et 35 % d'azote précipitable par le sulfate de magnésium. On peut admettre que c'est la fraction coagulée par la chaleur, donc les albumines vraies qui sont entraînées.

2° On peut montrer, en faisant des dissolutions fractionnées, dans les séries suivantes de solvants : SO^4K^2 5 %, alcool 70°, salicylate à 10 % et SO^4K^2 5 %, salicylate 10 %, alcool à 70°, que c'est la fraction hordéine soluble dans l'alcool qui passe en majeure partie dans le salicylate.

Il est difficile de comparer les actions dissolvantes de l'alcool à 70° et des solutions de salicylate à 10 %. Il faut admettre un processus différent et

(2) E. Brion et G. Lejeune, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 33, 1940, p. 214.

l'on peut sans doute rapprocher l'action de solubilisation du salicylate de ce qui se passe dans la germination, puisque l'on a montré que l'hordéine représente la fraction azotée qui sera utilisée par la plantule lors de son développement.

Les détails seront publiés dans un autre Recueil.

BACTÉRIOLOGIE. — *Essai de diagnostic différentiel des Bactéries du groupe colityphique au moyen de la réaction* au plomb *sur milieux synthétiques à l'hyposulfite de soude ou à la cystine.* Note (¹) de MM. **A. Sartory** et **J. Meyer.**

A la suite de nos travaux sur le métabolisme du soufre des Bactéries du groupe colityphique et connaissant les résultats antérieurs de Quirin au moyen de milieux de culture contenant de la cystine, nous avons effectué nos recherches à l'aide de quatre souches de Colibacille, quatre souches de Bacille paratyphique B, quatre souches de Bacille typhique et deux souches de Bacille paratyphique A.

Ces Bactéries ont été ensemencées en partant de leurs milieux de culture habituels de conservation sur les milieux de culture spécifiques suivants, quant à la réaction *au plomb*.

Milieu synthétique de base.

	g
Chlorure de calcium	0,40
Phosphate acide de potasse	2,50
Sullfate ferreux	0,10
Asparagine	4,00
Glycérine	25,00
Eau distillée	1000
Gélose	30,00

A ce milieu nous avons ajouté, pour une première série d'expériences,

Hyposulfite de soude pur 10g,00

et pour une seconde série d'expériences,

Cystine 1g,00

Au moment de l'emploi, on introduit dans les substrats gélosés, liquéfiés :

Solution de sous-acétate de plomb à 10 %, préalablement stérilisée, 5cm³ pour 1000.

Chaque expérience comportait 8 tubes de cultures qui ont été disposés de la façon suivante :

(¹) Séance du 11 août 1941.

Quatre tubes contenant le milieu à l'hyposulfite de soude; quatre tubes contenant le milieu à la cystine et chaque série était ensemencée avec une souche de Colibacille, de Bacille typhique, paratyphiques A et B.

Nous avons ainsi constaté, au moyen de 13 souches différentes de nos Bactéries, que la réaction au plomb produite sur ces deux substrats par l'action microbienne permet d'établir un diagnostic différentiel entre les quatre Bactéries et ceci par simple examen cultural.

On peut en effet exprimer nos résultats par le tableau suivant :

	Réaction sur milieu à base de	
Bactérie.	Hyposulfite.	Cystine.
Colibacille	néant	positive
Bacille typhique	positive	néant
Paratyphique A	néant	néant
Paratyphique B	positive	positive

Nous avons ensuite essayé d'expliquer la marche et les causes de ces réactions et l'action des quatre Bactéries sur les combinaisons soufrées introduites dans les milieux de culture. Nous avons ainsi pu établir que la réaction du sulfure de plomb par le développement des quatre Bactéries, est en relation avec au moins deux phénomènes bien distincts, si l'on envisage le soufre organique :

1° les propriétés anaboliques et le métabolisme protidique de ces Bactéries;

2° les propriétés physiologiques, phénomènes respiratoires et réaction d'oxydoréduction de ces organismes.

Les Bactéries, telles que le Colibacille et le Paratyphique B, répondant négativement à ces deux conditions, sont aptes à donner une réaction positive au plomb. La réaction au plomb, en présence du soufre minéral peu oxygéné, est en relation directe avec le pouvoir catabolique des quatre organismes et avec le métabolisme protidique et minéral de ces germes. Les Bactéries répondant positivement à ces conditions, telles que le Bacille d'Eberth et le Paratyphique B, sont capables de donner une réaction positive au plomb.

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 25 AOUT 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **PRÉSIDENT** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

La mort vient de ravir à la Science et à notre Académie un grand chimiste, dont la renommée était universelle.

PAUL SABATIER était né à Carcassonne le 5 novembre 1854. Après avoir fait ses études classiques au lycée de sa ville natale, puis à celui de Toulouse, il fut admis au concours, en 1874, à la fois à l'École Polytechnique avec le n° 18 et à l'École Normale supérieure avec le n° 4; il opta pour cette dernière. Trois ans plus tard, il était reçu Agrégé des sciences physiques avec le n° 1 de sa promotion. Nommé Professeur de Physique au Lycée de Nîmes, il ne fit qu'un court passage dans l'enseignement secondaire. Son ambition était de se consacrer à la recherche scientifique. Grâce à l'appui de Berthelot, qui le prit comme préparateur au Collège de France, il revint à Paris et obtint le grade de Docteur ès sciences physiques avec une Thèse *Sur les sulfures métalliques* (1880). Il fut alors envoyé comme Chargé de Cours de physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux, puis à celle de Toulouse où, un peu plus tard, à l'âge de 30 ans, il fut nommé Professeur titulaire de Chimie. Jusqu'à la fin de sa carrière universitaire, il ne devait plus quitter cette fonction, ni la ville où il l'exerçait. Il n'accepta même pas les offres qu'on lui fit, à la suite de ses belles découvertes, de la chaire de Moissan à la Sorbonne ou de celle

de Berthelot au Collège de France. En 1905, il fut élu Doyen de la Faculté des Sciences et bientôt après Recteur de l'Université de la ville à laquelle il était attaché. C'est à Toulouse qu'il est mort le 14 août dernier.

Dans sa féconde carrière scientifique, les recherches de Paul Sabatier se sont développées en deux phases distinctes : les premières appartiennent au domaine de la chimie minérale, les autres à celui de la chimie organique. Les premières ont mis à profit les disciplines rigoureuses auxquelles il avait été soumis comme professeur de physique. Elles ont débuté par des études de thermochimie, bientôt suivies par celles de faits purement chimiques mais souvent associées à des examens physiques, en particulier celles qui sont du ressort de la méthode spectrale. C'est ainsi qu'il a étudié les spectres d'absorption de certains sels métalliques. On lui doit des recherches sur le chlorure ferrique et les chlorhydrates de chlorures métalliques (fer, cobalt, cuivre); sur les composés du bore, sur certaines combinaisons curieuses de métaux nitrés etc.

Ses recherches de la seconde phase ont porté sur des combinaisons du carbone très diverses, hydrocarbures, alcools, aldéhydes, cétones, amines, phénols etc. Elles sont caractérisées par l'utilisation constante, systématique et remarquablement féconde de la *catalyse*, recherches dans lesquelles il a donné la marque de son originalité puissante.

Avec une excellente équipe de collaborateurs formés par lui, en particulier Jean-Baptiste Senderens, qui devint plus tard Correspondant de notre Compagnie, Paul Sabatier découvrit et étudia la propriété remarquable que possède le nickel, préparé d'une certaine manière, de fixer l'hydrogène sur un grand nombre de combinaisons organiques. La réaction, conduite à l'aide d'une technique d'une rare élégance, a souvent lieu d'une manière quantitative et, parfois, si aisément qu'il n'est pas nécessaire de chauffer. On en trouvera un excellent exposé dans son Ouvrage *La Catalyse en Chimie organique*, dont la seconde édition a paru en 1920.

Paul Sabatier fit aussi la découverte qu'en modifiant les conditions de l'expérience, par exemple en opérant à une température plus élevée que celle d'hydrogénation, il est possible de produire des catalyses de sens inverse, c'est-à-dire de séparer un ou plusieurs atomes de l'hydrogène combiné dans la substance organique. Dans certains cas l'enlèvement d'hydrogène s'accompagne de cyclisations.

Il est en outre possible de réaliser des conditions dans lesquelles les deux processus inverses de catalyse se produisent simultanément : dans ce cas,

l'hydrogène enlevé à une partie de la substance en réaction est fixé sur la partie restante.

Le nickel n'est pas seul capable d'intervenir dans les transformations catalytiques. P. Sabatier a mis en lumière la même faculté, mais à des degrés divers, chez d'autres métaux, tels que le cobalt, le fer, le cuivre etc.

Élargissant encore le champ de ses découvertes, il a étudié les propriétés catalysantes des oxydes métalliques, qui permettent d'obtenir surtout des déshydratations.

Pour expliquer les curieux phénomènes chimiques accomplis grâce à la présence des catalyseurs, P. Sabatier a formulé l'opinion que ces corps donnent, avec l'un des éléments du système primitif, une combinaison temporaire instable dont la destruction ou la réaction rapide sur les autres éléments déterminent la transformation du système, le catalyseur étant régénéré semblable à lui-même et, dès lors, capable de produire indéfiniment le même effet.

Les beaux travaux de P. Sabatier sur la catalyse, commencés en 1897 et poursuivis jusqu'en ces dernières années, ont eu un retentissement considérable. Leurs applications, dans les laboratoires scientifiques et dans l'industrie, ont suscité un nombre sans cesse accru de recherches. Ils ont facilité la production de beaucoup de substances qu'il était difficile d'obtenir par d'autres méthodes. Ils ont permis d'en créer un grand nombre de nouvelles, dont beaucoup sont employées comme médicaments ou parfums. Ils se placent à l'origine de plusieurs industries importantes, en particulier, celle de l'éthane utilisé dans les machines frigorifiques, celle de la synthèse des hydrocarbures et du cracking des pétroles bruts, celle de la conversion des acides gras liquides et des huiles en acides solides et graisses concrètes. Je signalerai encore sa méthode nouvelle de synthèse du méthane, ses travaux sur la synthèse d'amines nouvelles etc.

La variété de son œuvre en chimie organique comme en chimie minérale est considérable. Son importance ne l'est pas moins.

En 1912, Paul Sabatier reçut le prix Nobel. Il avait été élu Correspondant de notre Académie en 1901. En 1913, lors de la création de la Section des Membres non résidants, il reçut la première place. De nombreuses Académies étrangères et Sociétés scientifiques et industrielles le comptaient parmi leurs Membres d'honneur.

La Chimie française perd en Paul Sabatier un de ses représentants les plus éminents, un de ceux dont les découvertes ont la portée la plus étendue et la plus durable.

M. **Jean Chazy** fait hommage à l'Académie de la deuxième édition du tome I de son *Cours de Mécanique rationnelle. Dynamique du point matériel.*

CORRESPONDANCE.

SPECTROSCOPIE. — *Une interprétation possible de certaines radiations intenses du ciel nocturne dans la région ultraviolette.* Note de M. **Jean Dufay**, transmise par M. Charles Fabry.

1. Le spectre d'émission du ciel nocturne dans la région ultraviolette, que j'ai décrit pour la première fois en 1934 [1], a fait depuis l'objet de mesures concordantes de la part de divers observateurs. Mais, alors que des coïncidences nombreuses, plus ou moins significatives, ont été relevées entre différents systèmes de bandes et des radiations faibles ou douteuses du ciel, quelques-unes des radiations les plus intenses et les plus caractéristiques de celui-ci se sont montrées jusqu'ici rebelles à toute identification.

Il est naturel de rechercher d'abord les bandes admettant comme niveau inférieur l'état normal des molécules d'azote ou d'oxygène. Cependant la présence *certaine* des bandes de Vegard-Kaplan de N^2, la présence *possible* des bandes de Lyman-Birge-Hopfield de la même molécule [2] et des bandes de Schumann-Runge de O^2 ne permettent pas d'interpréter la plupart des fortes radiations.

Reste à examiner le système des bandes de Herzberg, dont le niveau inférieur est l'état normal de la molécule O^2, comme celui des bandes de Schumann-Runge et des bandes d'absorption atmosphériques. La présence de ces dernières en émission dans le spectre du ciel nocturne a été considérée comme très probable par Sommer et par Cabannes. La présence des bandes de Herzberg, dont le potentiel d'excitation, voisin de 4,4 volts, est du même ordre que celui de la raie verte de [OI], paraît donc, *a priori*, vraisemblable.

2. Ces bandes sont malheureusement fort mal connues. Elles n'ont été observées qu'en absorption, dans la progression $v''=0$, par Herzberg, par Chalonge et Vassy et par Herman [3]. J'ai cherché à évaluer les termes de

---

(1) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 107.

(2) C. T. Elvey, P. Swings et W. Linke, *Astrophysical Journal*, 93, 1941, p. 337.

(3) G. Herzberg, *Naturwissenschaften*, 20, 1932, p. 577; D. Chalonge et E. Vassy, *Revue d'Optique*, 13, 1934, p. 113; L. Herman, *Thèse*, Paris, 1939, p. 25.

vibration du niveau supérieur à partir de l'ensemble des mesures (12 bandes connues), en admettant que la dernière bande photographiée par Herman du côté des grandes longueurs d'onde correspond à la transition $0 \rightarrow 0$. Le calcul a été fait par la méthode des moindres carrés, en tenant compte des petites différences systématiques qui existent entre les trois séries de mesures et en affectant aux données les poids 1, 2 ou 3, suivant qu'elles résultent de 1, 2 ou 3 observations indépendantes. Finalement les nombres d'ondes par centimètre des origines des bandes sont représentés par la formule

$$\nu = 35578 + (842{,}0\, v' - 29{,}329\, v'^2) - (1568{,}33\, v'' - 11{,}993\, v''^2).$$

Les longueurs d'onde correspondantes, dans l'air, sont données dans le tableau ci-après.

v'. v''...	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
0......	2802	**2930**	**3068**	**3217**	**3378**	**3553**	3745	3954	
				3219	3378	3555	3742		
				(3)	(4)	(5)	(3)		
1......	2740	2862	2993	3134	3288	3453	**3634**	**3830**	**4045**
				3134			3636	3833	4046
				(2)			(2)	(3)	(2)
2......	**2684**			3002	3208	3366	3537	3723	3926
3......	**2635**								

La fonction U (r), représentant l'énergie potentielle de la molécule en fonction de la distance r des noyaux, est bien connue pour le niveau inférieur $x^3\Sigma$. D'autre part Herzberg et Herman ont évalué, d'après l'écartement des premières raies de chaque bande, les constantes de rotation B'_v du niveau supérieur. En supposant correct le numérotage des v', on peut en tirer B'_e et la distance r_e dans la position d'équilibre ($r_e = 1{,}38$ Å). Il est dès lors possible de tracer approximativement la courbe U(r) relative au niveau supérieur et d'en déduire les transitions les plus probables, suivant la règle de Franck-Condon. Dans le tableau, les longueurs d'onde correspondant à ces transitions sont imprimées en caractères gras.

3. Au-dessous des longueurs d'onde calculées, on a inscrit les longueurs d'onde des radiations du ciel nocturne qu'on peut faire correspondre aux bandes Herzberg, avec leur intensité évaluée suivant une échelle arbitraire de 0 à 5 (¹). Les fortes radiations 3134, 3219, 3378, 3555, 3636, 3742,

(¹) On laisse ici de côté les radiations faibles ou douteuses.

3833 et 4046 Å sont très voisines des bandes les plus probables. A part la radiation 4046 Å, déjà rattachée au système de Vegard-Kaplan ([5]), aucune d'elles n'a encore été identifiée avec certitude; pour 3134, 3219 et 3555 Å (la plus forte radiation ultraviolette), aucun rapprochement intéressant n'a même été signalé. Enfin les radiations 3376, 3555 et 3833 Å au moins sont dégradées vers le rouge comme les bandes de Herzberg ([2]). L'attribution à ce système de quelques-unes des radiations les plus intenses du ciel nocture apparaît ainsi très plausible. Cependant les longueurs d'onde des bandes ne sont encore calculées qu'à quelques angströms près, et une connaissance plus complète des bandes de Herzberg permettra seule de conclure avec certitude.

Herman pense qu'il peut encore exister deux bandes au delà de 2840 Å, dans la progression $v'' = 0$, en sorte que la dernière bande observée correspondrait à $v' = 2$. S'il en était ainsi, les longueurs d'onde calculées ne seraient pas modifiées, mais il faudrait ajouter deux progressions au tableau précédent ($v' = 0$ et $v' = 1$), et les longueurs d'onde des nouvelles bandes ne pourraient être évaluées que d'une manière très incertaine. La distance r_e étant réduite, les bandes correspondant aux fortes radiations du ciel se trouveraient en général un peu au-dessous de la parabole de Franck-Condon.

THERMOCHIMIE. — *Sur la calorimétrie des solutions aqueuses de borax, de sulfate ferreux, de nitrate cuivrique et de nitrate de magnésium.* Note de M. **Jean Perreu.**

Les mesures calorimétriques concernant les solutions aqueuses binaires de ces quatre sels ont été réalisées à la température ordinaire du laboratoire, à l'aide du calorimètre de Berthelot.

1° *Borax.* $B^4O^7Na^2.10\,aq$. — Le sel a été étudié à 17°,5. Comme il est peu soluble dans l'eau, la durée de la dissolution de 3 à 5^g d'hydrate finement pulvérisé, dans 500^g de solvant, atteint un minimum de 4 minutes. Il en résulte une légère incertitude dans le calcul des corrections. En dissolvant la mol/g de sel dans 2310, 3025, 3740 et 4233 mol/g d'eau libre, on trouve respectivement les chaleurs $-25^{cal},90$, $-26^{cal},10$, $-26^{cal},23$ et $-26^{cal},35$. Dans le tableau ci-contre,

([5]) J. Cabannes et J. Dufay, *Comptes rendus*, 200, 1936, p. 1504.

les concentrations finales, relatives aux mesures de $q_0^{c'}$ et de $L_c^{c'}$, sont $p'=0,5$ %, $h'=4243$, $c'=0,000235$ (¹).

Concentrations initiales							
p.	h.	c.	γ_{moy} 18°-20°.	q_c.	$L_c^{0,000235}$.	Q_c calc.	l_c.
				cal	cal	cal	cal
0	∞	0		−26,35 (q_0)	–	–	–
1	2126,67	0,00047	0,992	−23,68	–	–	−0,0010
2	1068,33	0,00094	0,984	−22,19	−1,90	−24,45	−0,0023
3	715,55	0,00140	0,976	−21,20	−2,60	−23,75	−0,0031
4	539,17	0,00186	0,970	−20,67	−3,48	−22,87	−0,0041
4,5$_{sat.}$	480,37	0,00208 (C)	0,966	−20,46$_{extrap.}$	−3,86	−22,49	−0,0043$_3$

La chaleur d'addition (²) a_C de la solution saturée est égale à $-2^{cal},05$. On trouve q_C extrap. $=-20^{cal},46$; q_C calc. $=-20^{cal},44$.

La relation s'écrit $\gamma_{moy}(18°\text{-}20°)=3,83+h/21,26+h$.

2° *Sulfate ferreux.* $SO^4Fe.7\,aq$. (mesures à 19°-20°). — En ajoutant 1 mol/g d'hydrate dans 605, 923 et 1544 mol/g d'eau libre, on trouve, pour les effets thermiques observés, $-4^{cal},36$, $-4^{cal},35$ et $-4^{cal},32$. La concentration finale obtenue dans la mesure de $q_0^{c'}$ et de $L_c^{c'}$ est $p'=1$ %, $h'=1551,45$, $c'=0,00064$.

Concentrations initiales.							
p.	h.	c.	γ_{moy} (19°-21°).	q_c.	$L_c^{0,00064}$.	Q_c calc.	l_c.
				cal	cal	cal	cal
0	∞	0	–	−4,32(q_0)	–	–	–
5	315,89	0,0032	0,964	−4,50	+0,11	−4,43	+0,0002
10	161,44	0,0062	0,932	−4,61	+0,17	−4,49	+0,0005
20	84,22	0,0119	0,887	−4,68	+0,22	−4,54	+0,0001
30	58,48	0,0171	0,849	−4,73	+0,27	−4,59	+0,0015
40	45,61	0,0219	0,821	−4,75	+0,29	−4,61	+0,0025
50	37,89	0,0264	0,800	−4,77	+0,31	−4,63	+0,0004
60$_{sat.}$	32,74	0,0305(C)	0,784	−4,79$_{extrap.}$	+0,32	−4,64	+0,0064

Par suite, a_C mes. $=+0^{cal},16$; q_C extrap. $=-4^{cal},79$; $q_C$calc. $=-4^{cal},80$. Les chaleurs spécifiques sont $\gamma_{moy.}(19°\text{-}21°)=13,04+h/25,76+h$.

3° *Nitrate cuivrique* $(NO^3)^2Cu.6\,aq$. (mesures à 11°-12°). — Les solu-

(¹) Pour les notations, voir les Notes citées plus loin.

(²) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 136.

tions étudiées ont été préparées à partir du trihydrate pur pour analyses du commerce. Au-dessous de 26°, c'est l'hexahydrate solide qui est en équilibre avec la solution saturée. Je n'ai pas réussi à faire cristalliser ce dernier en abandonnant, pendant quelques jours, vers 15°, une solution presque saturée dans le vide sulfurique. Le sel qui se dépose est généralement du trihydrate; l'hexahydrate s'obtient plus facilement au voisinage de 0°. Les seules mesures calorimétriques que j'aie par suite pu effectuer, concernent les chaleurs spécifiques et les chaleurs de dilution des solutions. La concentration finale obtenue est $p' = 1\ \%$, $h' = 1648,67$, $c' = 0,00061$.

Les nombres p du tableau ci-après expriment les concentrations en poids d'hexahydrate dans 100^g d'eau libre.

Concentrations initiales.					
p.	h.	c.	γ_{moy} (12°,5-14°,5).	$L_c^{0,00061}$.	l_c.
0	∞	0		cal	cal
5	334,53	0,0030	0,958	−0,05	−0,0002
10	170,27	0,0059	0,928	−0,09	−0,0008
25	71,72	0,0139	0,854	−0,27	−0,0021
30	38,85	0,0257	0,780	−0,52	−0,0038
61,45	32,73	0,0305	0,758	−0,59	−0,0027
100	22,43	0,0446	0,703	−0,65	+0,0088
150	16,95	0,0590	0,663	−0,60	+0,0393
200	14,21	0,0703	0,640	−0,46	+0,087
250	12,57	0,0795	0,626	−0,29	+0,111
280	11,86	0,0843	0,618	−0,22	+0,120
300	11,47	0,0871	0,613	−0,16	+0,126
$346_{sat.}$	10,75	0,0930 (C)	0,607	−0,09	+0,132

On trouve

$$a_C \text{ mes.} = +\,0^{cal},63;\qquad \gamma_{moy}(12^\circ,5\text{-}14^\circ,5) = \frac{11+h}{25,17+h}.$$

La courbe $L_c^{c'} = f(h)$ présente un minimum pour h voisin de 26. Son allure rappelle celle des graphiques obtenus pour le carbonate de potassium et le nitrate de nickel.

4° *Nitrate de magnésium.* $(NO^3)^2Mg.6\,aq.$ (mesures à 16°). — La dissolution de la mol/g d'hydrate dans 705, 1160 et 1422 mol/g d'eau libre dégage respectivement : — $4^{cal},62$, — $4^{cal},64$ et — $4^{cal},65$.

On a, pour la concentration finale : $p' = 1\ \%$, $h' = 1428,2$, $c' = 0,0007$.

Concentrations initiales.							
p.	h.	c.	γ_{moy}(16°-18°).	q_c.	$L_c^{0,0007}$.	Q_c calc.	l_c.
				cal	cal	cal	cal
0	∞	0	–	−4,65 (q_0)	–	–	–
5	290,44	0,0034	0,970	−4,58	−0,03	−4,62	–
10	148,22	0,0067	0,939	−4,55	−0,05	−4,60	–
25	62,89	0,0159	0,871	−4,52	−0,07	−4,58	−0,0012
37,5	43,93	0,0228	0,834	−4,46	−0,12	−4,53	−0,0017
50	34,44	0,0290	0,802	−4,42	−0,15	−4,50	−0,0021
75	24,96	0,0400	0,757	−4,48	−0,20	−4,45	+0,0025
100	20,22	0,0494	0,725	−4,64	−0,17	−4,48	+0,012
150	15,48	0,0646	0,685	−4,96	−0,04	−4,61	+0,042
200	13,11	0,0762	0,662	−5,18	+0,13	−4,78	+0,079
250	11,69	0,0855	0,645	−5,45	+0,23	−4,88	+0,107
$262_{sat.}$	11,43	0,0875(C)	0,640	$-5{,}51_{extrap.}$	+0,27	−4,92	+0,115

On obtient : a_c mes. $= +0^{cal},63$; q_c extrap. $= -5^{cal},51$; q_c calc. $= -5^{cal},55$. Les mesures de γ sont $\gamma_{moy}(16^\circ - 18^\circ) = 7{,}031 + h/17{,}368 + h$.

Le graphique $L_c^{c'} = f(h)$ présente un minimum pour h voisin de 30 ; par contre Q_c accuse un maximum pour cette dernière concentration. Les mesures de l_c confirment d'ailleurs les variations observées pour la chaleur $L_c^{c'}$. Enfin, à la courbe $q_c = \varphi(h)$ correspond un maximum pour une valeur de h voisine de 34.

CONCLUSION. — *Les particularités que j'ai signalées* (²) *pour le carbonate de potassium et le nitrate de nickel se retrouvent dans l'étude des solutions concentrées des nitrates de cuivre et de magnésium, qui sont également des sels très solubles.*

MINÉRALOGIE. — *Sur quelques minéraux des laves de la Chaîne des Puys.* Note (¹) de M. Y. BENTOR.

Les différentes laves de la Chaîne des Puys renferment certains minéraux qui n'y avaient pas encore été reconnus ou sur lesquels on ne possédait que des connaissances fragmentaires.

1. Des trois modifications cristallographiques de la silice, le *quartz* est le minéral le moins répandu dans les roches de cette région ; il n'existe que

(²) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 442 et 701.

(¹) Séance du 6 juin 1940.

dans une seule roche, le trachyte à cristobalite de l'aiguille du Puy Chopine, où il se trouve sous forme de quelques rares microlites plus ou moins automorphes. La *tridymite* est plus fréquente; on la trouve surtout dans les trachytes à biotite (dômites) du Puy de Dôme et du Puy de Sarcoui. La *cristobalite*, est un des minéraux les plus répandus dans les roches acides de la Chaîne; il apparaît dans presque toutes les roches à excès de silice : trachyandésites acides et trachytes. Dans certaines variétés de ces derniers, il forme 10 % et même plus de la masse de la roche. Ce sont de petites écailles s'imbriquant les unes sur les autres et généralement groupées en masses de forme plus ou moins sphérique.

Sa biréfringence très faible est irrégulière, comme onduleuse. L'orientation optique de chaque individu est indépendante de celle des autres appartenant au même groupement. Des pseudomorphoses de cristobalite d'après la tridymite sont fréquentes, celles de quartz d'après la cristobalite très rares. La cristobalite est d'origine magmatique, et date de la dernière phase de la cristallisation. Dans certains cas celle-ci est même probablement posthume. Il y a lieu de supposer que l'optimum de ses conditions d'existence est réalisé dans le cas d'une dévitrification d'un verre surchargé de silice lors d'un réchauffement ultérieur. C'est ainsi que ce minéral est spécialement abondant dans les cendres trachytiques du Puy de Clierzou, qui ont subi l'influence d'une injection postérieure d'une lave sous forme d'un dôme.

2. La *kaersutite*, inconnue jusqu'alors dans cette province, n'y est nullement rare. C'est même l'amphibole caractéristique de certains types de trachyandésites (Puy de Dôme, Petit Suchet, etc.). Les cristaux les plus beaux se trouvent dans les enclaves holocristallines abondantes dans les cendres du Puy de Clierzou et du Petit Suchet. Dans ces enclaves, dont la composition rappelle celle d'une rongstockite, la kaersutite ne forme pas moins de 31 % de la roche; ses phénocristaux atteignent ici une longueur de 5^{cm}. Ce sont des prismes allongés, 8 à 15 fois plus longs que larges. Ses propriétés optiques et chimiques le rapprochent beaucoup de la kaersutite type de Kaersut (Groenland), ainsi que le montre le tableau ci-contre.

Le polychroïsme est grand. Dans les roches basiques la kaersutite est stable sous les conditions de la surface. Elle se dissocie alors avec formation d'ilménite, de plagioclase et de pyroxène; cette dissociation a lieu après l'éruption de la lave. Il est intéressant de constater que la kaersutite est constamment accompagnée d'une augite basaltique, tandis que l'augite titanifère est associée à une hornblende basaltique.

	Clierzou.	Kaertsut.
$(-)2V$	76°-88°	82°
$c/n\gamma$	0°-2°	10°
$n\alpha$	vert clair jaunâtre	brun clair
n_0	brun rougeâtre	brun rougeâtre foncé
$n\gamma$	rouge brun foncé, acajou	brun rougeâtre très foncé
TiO^2	8,77 %	10,31 %
Na^2O	2,12 »	2,95 »
K^2O	0,98 »	1,07 »
MnO	0,13 »	0,06 »

3. *La pseudobrookite* a été indiquée par Michel-Lévy avec doute, parmi les microlites des dômites du Puy de Dôme. Elle se trouve cependant également sous forme de phénocristaux de 1 à 2^{mm} de longueur dans les trachytes à cristobalite du Puy Chopine. Ses propriétés sont les suivantes : forme prismatique assez allongée. Couleur : brun foncé avec un polychroïsme bien visible : brun rouge parallèlement à l'allongement, brun de café perpendiculairement à l'allongement. Le relief est grand, et tel que le minéral semble entouré d'une large bordure noire. Le minéral est biaxe, $2V = 45°$. La biréfringence est assez élevée. Il existe un clivage mal développé perpendiculaire à l'allongement des prismes.

La pseudobrookite est toujours associée au sphène qu'elle pénètre souvent; la roche du Puy Chopine est, en effet, chimiquement caractérisée par une teneur relativement élevée en TiO^2 et en Fe^2O^3, tandis que la teneur en CaO est très faible. Dans ces conditions la pseudobrookite remplace partiellement le sphène.

4. *Orthite.* — Ce minéral ne se trouve que dans les coulées de trachyandésite mœnaïtique ou essexitakéritique (Puy de la Nugère, Nouveau Pariou). Ces cristaux peuvent atteindre 1^{mm} et sont toujours associés aux phénocristaux de minerai.

Il apparaît en prismes allongés suivant [010]. Les sections perpendiculaires à *b* montrent les formes {001} {101} et {100} avec aspect pseudohexagonal. Les clivages parallèles à (001) sont distincts, mais interrompus; suivant (100) existent des cassures irrégulières. Signe optique : négatif; angle d'axes grand; angle d'extinction par rapport à l'allongement : 0°. La biréfringence est variable, mais toujours très petite ou même nulle; le relief est élevé. Les cristaux sont colorés en brun clair. Vers le bord et le long des cassures, cette couleur s'accentue et peut y devenir noire. Les sections parallèles à *b* seules montrent un polychroïsme

visible : brun pâle perpendiculairement à l'allongement, brun foncé parallèlement à l'allongement. La dispersion semble grande, car la couleur de polarisation est un gris bleuâtre anormal.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur la formation de la glace, en été, dans les coulées volcaniques d'Auvergne.* Note de MM. **Adolphe Lepape** et **Georges Colange**, transmise par M. Charles Fabry.

Il existe dans certaines coulées de lave des volcans d'Auvergne des cavités où de la glace se forme en été. Ce phénomène est connu depuis très longtemps et cité dans plusieurs traités de géologie anciens. Ph. Glangeaud (¹), qui l'a observé et décrit, a proposé une explication de cette curiosité naturelle. L'un de nous ayant eu l'occasion d'examiner en détail ces cavités ou *trous de glace*, selon l'expression des habitants du pays, nous allons préciser sur quelques points la description de Glangeaud et donner une explication entièrement différente.

Du Puy de Dôme (1250^m) descend une immense coulée de labradorite « véritable désert de pierre, le plus sauvage et difficile à explorer de l'Auvergne (¹) ». Sous cette coulée ou *cheire*, composée de roches très peu conductrices de la chaleur et très fissurées, circulent un grand nombre de ruisseaux souterrains, et la partie inférieure de la coulée est humide en raison de la perméabilité de la lave à l'eau (fissures). Ces ruisseaux se réunissent pour se jeter dans la Sioule vers Pontgibaud, à quelques kilomètres au delà; leur température, qui est à peu près constante pendant toute l'année, est d'environ 4° (température voisine de la moyenne annuelle du lieu). La région où se trouvent les trous de glace est située à 6 ou 7^{km} au sud-est de Pontgibaud et son altitude est de 700 à 800^m.

Les trous ont la forme d'entonnoirs très évasés, de 5 à 10^m de profondeur. Ils sont entourés d'arbres et de broussailles et en grande partie tapissés de mousses. La glace se forme au fond, dans une cavité secondaire largement ouverte vers le Nord et ayant des dimensions de l'ordre de 50^{cm} à 1^m. Cette glace remplit le fond de la cavité, il n'y en a pas sur les parois, qui sont humides; elle est dure, compacte, difficile à arracher et légèrement souillée de terre; nous en avons observé un bloc de plusieurs dizaines de kilogrammes.

(¹) *Comptes rendus*, 133, 1901, p. 176.

Nous avons vu ces trous de glace par une chaude journée d'été; la température était très basse au fond des entonnoirs et formait un contraste saisissant avec celle de la forêt, à quelques pas de là. Dans ces entonnoirs très abrités il n'y a aucun mouvement de l'air et la glace n'a pas tendance à fondre; au contraire, il s'en forme tout l'été et quelques habitants du voisinage viennent régulièrement en chercher pour des usages domestiques.

Glangeaud pense que l'eau souterraine monte par capillarité au travers des laves, s'évapore rapidement à leur surface et refroidit ainsi assez le sol pour amener la congélation. Cette explication nous paraît difficile à admettre, car l'évaporation doit être assez faible pour les raisons suivantes : 1° il n'y a pas de mouvement d'air; 2° la température est toujours basse au fond des entonnoirs; 3° l'air est toujours saturé d'humidité.

Nous attribuons au rayonnement nocturne le refroidissement nécessaire à la formation de la glace. En tout temps la surface du sol rayonne vers l'atmosphère et l'atmosphère rayonne vers le sol. Mais, si l'atmosphère est peu absorbante (pas de nuages, pas d'humidité, pas de poussières etc.), le premier rayonnement est de beaucoup supérieur au second et si, pendant la nuit, de plus, l'air est calme, le sol peut descendre à une température bien inférieure à celle de l'air. Lorsque les couches atmosphériques voisines du sol ne sont pas agitées et sont saturées de vapeur d'eau, il se produit un dépôt de rosée ou un brouillard bas. Le fait que la température du sol soit assez différente de celle de l'atmosphère n'implique pas nécessairement une discontinuité brusque, mais au voisinage du sol le gradient peut être fort élevé.

Nous devons également remarquer que, même si l'atmosphère est saturée d'eau dans les couches voisines du sol, le rayonnement atmosphérique total peut être très faible si, plus haut, l'air est sec et sans nuages.

Tout ce qui maintiendra l'air immobile au contact du sol (anfractuosités, revêtement de mousses etc.) contribuera à abaisser encore plus la température de celui-ci.

Arago (²) en particulier a constaté, entre l'herbe et l'atmosphère, des différences de température de 6 à 7°; et en outre, dans les endroits abrités du Soleil et voyant une grande étendue de ciel, ce phénomène commençait à 3 ou 4^h de l'après-midi pour persister le matin plusieurs heures après le lever du Soleil.

(²) *Annuaire du Bureau des Longitudes*, 1828, p. 145.

Par ailleurs, Pouillet ([3]) indique qu'un thermomètre noirci placé sur le sol peut se refroidir assez pour se couvrir de givre ou de gelée blanche, alors que l'air reste à 8 ou 10° au-dessus de zéro.

Bouasse ([4]) enfin signale qu'au Bengale, pendant les nuits calmes, sèches et sans nuages, on place sur de la paille, pour les isoler du sol, des vases très plats remplis d'eau et qu'on obtient de la glace, même lorsque la température de l'air ne descend pas au-dessous de 6°.

Nous pensons que dans les trous de glace se trouvent réunies toutes les conditions pour la formation de la glace : air saturé d'humidité, ciel vu sous un grand angle solide, atmosphère calme, sol très isolant, jamais de Soleil. Les exemples précédents nous permettent alors de conclure que ce curieux phénomène est bien dû au rayonnement nocturne.

Des trous de glace ont été signalés dans d'autres régions volcaniques. D'autre part on connaît depuis longtemps des grottes ou des caves naturelles anormalement froides, nous en avons nous-mêmes observé; ici le refroidissement n'est pas dû au rayonnement nocturne, mais à un tout autre processus, à l'étude duquel nous pensons pouvoir contribuer dans la suite.

PALÉOBOTANIQUE. — *Évolution vasculaire comparée des Ptéridospermées et des Ptéridophytes.* Note de M. **Édouard Boureau**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'existence de faisceaux pseudo-excentriques dans l'appareil conducteur de certaines plantes vasculaires a été contestée ([1]). Constatons d'abord que le *Tetrastichia bupatides* récemment décrit par W. T. Gordon (1938) possède probablement dans son stipe des faisceaux de xylème excentrique. On ne connaît pas la structure des parties souterraines, toutefois on a tout lieu de penser qu'elles avaient une structure centrique. On passerait donc de la structure centrique à la structure excentrique par deux bifurcations du pôle à différenciation centrifuge de la racine. L'émission des traces foliaires à partir des branches du massif ligneux cruciforme de la tige s'effectuerait suivant le même processus. On retrouve ainsi dans la racine

---

([3]) *Notions générales de physique et de météorologie*, Paris, 1853.

([4]) *Émission, chaleur solaire*, Paris, 1925, p. 267.

([1]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 143.

la structure observée chez *Rhynia major* et dans le stipe celle que l'on observe chez une autre Ptéridophyte plus évoluée, l'*Asteroxylon Mackiei.*

Chez l'*Asteropteris noveboracensis*, le massif ligneux du stipe est plus complexe. De la stucture centrique également très probable des parties souterraines on aboutirait par des bifurcations successives à un massif ligneux possédant de nombreuses branches terminées par des boucles (*peripheral loops*) qui représentent les pôles des faisceaux du xylème excentrique. L'émission des traces foliaires se fait également par des bifurcations qui aboutissent à la formation de quatre boucles périphériques pour une même trace foliaire.

L'*Asterochlœna laxa* est assez différent des précédents. Sa structure s'explique si l'on examine au préalable les massifs ligneux du *Botryopteris cylindrica* (structure centrique) et de l'*Ankyropteris Grayi;* on constate alors la dilatation et le plissement progressifs du tube de xylème centrique primitif qui aboutit au massif ligneux de l'*Asterochlœna.*

Or tous ces faits n'infirment nullement la notion de faisceau pseudo-excentrique. En effet l'appareil conducteur de ces plantes fossiles, dépourvues de formations secondaires, suit sans contestation possible, les phases prévues dans le premier cycle, partant de la disposition vasculaire centrique.

Mais il y a d'autres cas à envisager : dans le *Lyginopteris oldhamia* la structure de la racine est bien connue ([2]) et la phase initiale du développement vasculaire est la disposition vasculaire alterne. Le xylème alterne de la racine se prolonge jusque dans les faisceaux pseudo-excentriques de la tige dont il constitue l'élément centripète. Ajoutons qu'on constate la présence de formations secondaires bien développées dans la racine et dans la tige. Nous retrouvons le même développement vasculaire chez certains Conifères actuels comme le *Libocedrus decurrens.* Ainsi que nous l'avons découvert, le *Lyginopteris* présente avec cette plante une identité totale de structure dans sa tige comme dans sa racine ([3]). Par contre, on voit la différence capitale de structure qui existe avec le *Tetrastichia* dont la phase initiale du développement vasculaire est vraisemblablement la disposition vasculaire centrique.

Une autre Gymnosperme fossile, comme l'*Heterangium Grievii* à disposition vasculaire alterne, montre les mêmes structures que celles des

---

([2]) Scott, *Studies in Fossil Botany*, London, 1923, p. 51, figure 27.

([3]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 765-768.

Gymnospermes actuelles, aussi bien dans la racine que dans la tige. Il en est de même des *Calamopitys*.

Ainsi *Heterangium*, *Lyginopteris*, *Calamopitys* suivent rigoureusement les dispositions vasculaires prévues dans le deuxième cycle, depuis la disposition vasculaire alterne jusqu'aux abondantes formations secondaires superposées.

En résumé, loin d'être une formation vasculaire hypothétique, le faisceau pseudo-excentrique des Gymnospermes actuelles ou des Ptéridospermées à bois secondaire centrifuge est une réalité qui permet d'expliquer des structures restées longtemps obscures. Sa situation ontogénique très précise dans l'espace et dans le temps, entre la disposition vasculaire alterne et la disposition vasculaire superposée, montre l'énorme différence qui la sépare de la disposition excentrique du premier cycle. Cette dernière en effet, considérablement plus primitive, est issue de la disposition vasculaire centrique qui caractérise la tige du *Rhynia Gwynne-Vaughani* ou celle du *R. major*.

La séance est levée à $15^h 25^m$.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er SEPTEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la dualité dans l'espace hilbertien.* Note (¹) de M. **Gaston Julia**.

1. Lorsqu'on définit un opérateur linéaire A de l'espace hilbertien H par les vecteurs $A_n = Ae_n$, transformés par A des vecteurs e_n d'un système orthonormal complet, de façon qu'à $X = \Sigma x_n e_n$ corresponde $Y = AX = \Sigma x_n A_n$, cette dernière série convergeant fortement dans le noyau de convergence forte d_A, le domaine δ_A des valeurs prises par A dans d_A se compose de l'ensemble des vecteurs Y exprimables sous la forme $Y = \Sigma x_n A_n$, avec $\Sigma |x_n|^2$ convergente et $\Sigma x_n A_n$ fortement convergente. Il est clair que δ_A comprend toutes les combinaisons finies $\sum_1^p \lambda_n A_n$, c'est-à-dire la variété linéaire généralement désignée par $\{A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots\}$, et qu'il est contenu dans la variété fermée $[A_1, A_2, \ldots, A_n, \ldots]$. Le but de la présente étude est d'examiner les Y susceptibles d'être mis sous la forme d'une série fortement convergente $Y = \Sigma x_n A_n$, et, par là, de caractériser autant que possible δ_A. Nous étudierons d'abord le cas où les A_n définissent un opérateur borné (²); nous donnerons ultérieurement des indications sur le cas général.

(¹) Séance du 25 août 1941.

(²) Voir *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 733. Il faut et il suffit que la série $\Sigma |(A_n, X)|^2$ converge pour tout X de H.

2. Lorsque $Y = \Sigma x_n A_n$ converge fortement, une méthode classique permet de déterminer simplement les x_n à partir de Y, toutes les fois qu'elle est applicable. Supposons qu'il existe un vecteur Z_1 orthogonal à tous les A_n, pour $n \geqq 2$, et non orthogonal à A_1; on peut le normer de façon que $(A_1, Z_1) = 1$ et $(A_n, Z_1) = 0$ pour $n \neq 1$. Il est clair que $x_1 = (Z_1, Y)$. S'il existe, en général, un Z_p orthogonal à tous les A_n pour $n \neq p$ et non orthogonal à A_p, on le normera de façon que $(A_p, Z_q) = \delta_{pq}$, c'est-à-dire $\delta_{pq} = 0$ pour $p \neq q$ et $\delta_{pq} = 1$ pour $p = q$; on aura $x_p = (Z_p, Y)$.

Suivant cette méthode, le problème revient à examiner :

1° Si la suite des Z_p existe pour tout entier $p > 0$; 2° si Y est tel que $\Sigma |(Z_p, Y)|^2$ converge, de façon que les $x_p = (Z_p, Y)$ soient coordonnées d'un vecteur; 3° si la série $\Sigma (Z_p, Y) A_p$ converge fortement; 4° si la somme de cette série est Y.

Lorsque les A_n *définissent un opérateur borné* A $[\Sigma |(A_n, X)|^2$ convergente pour tout X], la série $\Sigma x_n A_n$ converge fortement pour tout système x_n tel que $\Sigma |x_n|^2$ converge. Il suffit alors d'étudier 1° la détermination des Z_p; 2° la convergence de $\Sigma |(Z_p, Y)|^2$; 3° la somme $\Sigma (Z_n, Y) A_n$.

3. La détermination des Z_p est celle d'un système biorthonormal A_p, Z_q, dont la première série de vecteurs est donnée $(A_p, Z_q) = \delta_{pq}$. C'est, en quelque sorte, la généralisation à l'espace H de la théorie des trièdres supplémentaires de l'espace euclidien. Examinons-la *en supposant* $A_p = Ae_p$, A *borné.*

L'équation $(Ae_p, Z_q) = \delta_{pq}$ donne $(e_p, A^* Z_q) = \delta_{pq}$, où A^* est l'adjoint de A. Cette relation, valable pour tous les entiers positifs p, q, donne $A^* Z_q = e_q$.

La résolution de l'équation $A^* Z = e_q$ pour $q = 1, 2 \ldots$ détermine les Z_q. *Elle dépend de la classe de* A *ou de* A^*.

4. Si A et A^* sont de 1re *classe, chaque* Z_q *est déterminé de façon unique* par $Z_q = (A^*)^{-1} e_q = (A^{-1})^* e_q$. $(A^{-1})^*$ est borné, de 1re classe, comme A^* et A^{-1}. L'ensemble des Z_q est tel que $\Sigma |(Z_q, Y)|^2$ converge pour tout Y de H, car $(Z_q, Y) = \big((A^{-1})^* e_q, Y\big) = (e_q, A^{-1} Y)$, donc $\Sigma |(Z_q, Y)|^2 = \|A^{-1} Y\|^2$. De plus, $\Sigma (Z_q, Y) A_q$ converge fortement pour tout Y. La somme $\mathcal{Y} = \Sigma (Z_q, Y) A_q$ est telle que $(Z_q, Y) = (Z_q, \mathcal{Y})$ pour tout q. Donc $Y - \mathcal{Y}$ est orthogonal à tous les Z_q. Or, il est aisé de voir que, *si* B *est de* 1re *classe, l'ensemble des* $B_q = Be_q$ *n'admet pas de vecteur normal* $\neq 0$, la variété fermée $[B_1, B_2, \ldots]$ étant identique à H. En effet, on sait qu'alors, pour tout Y, l'équation $BX = Y$ admet une solution unique, c'est-à-dire que tout vecteur Y de H se met, d'une façon unique, sous la forme $\Sigma B_q x_q$, $\Sigma |x_q|^2$

étant convergente, c'est-à-dire qu'il appartient à la variété $[B_1, B_2, \ldots]$. Donc $[B_1, B_2, \ldots] = H$. Il en résulte que $Y = \mathcal{Y}$.

En définitive, *pour tout* A *de* 1re *classe, les* Z_q *sont déterminés, uniques, et tout* Y *se met sous la forme d'une série fortement convergente* $Y = \Sigma(Z_q, Y) A_q$. On voit aisément, par $Z_q = (A^{-1})^\star e_q$, que le système (Z_q) est ici de même nature que le système (A_p), jouit des mêmes propriétés; il est complètement réciproque du système (A_p). On a, pour tout Y de H, $Y = \Sigma(A_n, Y) Z_n$, série fortement convergente.

5. *Si* A *est de* 2e *classe*, $n(AA^\star) > 0$, $n(A^\star A) = 0$; $AX = 0$ admet pour solutions tous les vecteurs d'une variété linéaire fermée V non vide, et l'on sait que $\Delta_{A^\star} = H - V$ est le domaine des valeurs de $A^\star$; $H - V$ est la variété complémentaire de V. Par suite, $A^\star Z = e_q$ n'est résoluble que pour les e_q appartenant à $H - V$. *La détermination de tous les* Z_q *n'est donc* à priori *pas possible*. Pourtant $\Delta_A = H$, donc tout Y peut se mettre sous la forme $Y = \Sigma x_n A_n$ fortement convergente, et même d'une infinité de manières, car tout $X = \Sigma x_n e_n$ de V donne une série fortement convergente $\Sigma x_n A_n$ de somme nulle. La méthode classique ne s'applique pas *ex abrupto*.

On peut néanmoins s'y ramener par une transformation préliminaire, qui ramène ce cas au précédent. Pour traiter tout de suite le cas le plus général de cette classe, supposons que V et $H - V$ aient une infinité de dimensions. Prenons une base orthonormale de V, que nous nommons $e'_1, e'_3, e'_5, \ldots, e'_{2n+1}, \ldots$, et une base orthonormale de $H - V$, qui sera $e'_2, e'_4, e'_6, \ldots, e'_{2n}, \ldots$. *Les* $A'_{2p+1} = Ae'_{2p+1}$ *sont tous nuls*. Les $A'_{2n} = Ae'_{2n}$ sont *indépendants*. Il n'y a pas de chaîne fermée $\sum x'_{2n} A'_{2n} = 0$, avec $\sum_n |x'_{2n}|^2$ convergente. De plus $[A'_2, A'_4, \ldots, A'_{2n}, \ldots] = H$.

Orthonormalisons la suite A'_{2n}, suivant E. Schmidt, sous la forme $A'_{2n} = \alpha_{n1}\varepsilon_1 + \ldots + \alpha_{nn}\varepsilon_n$, $(n = 1, 2 \ldots \infty)$, avec $\alpha_{nn} \neq 0$. L'opérateur $\mathcal{A}$ défini par $A'_{2n} = \mathcal{A}\varepsilon_n$ est borné dans H, comme A, *et il est de première classe* (3). Déterminons les Z_q de façon que $(A'_{2p}, Z_q) = \delta_{pq}$, ou $(\mathcal{A}\varepsilon_p, Z_q) = \delta_{pq}$; *les* Z_q *sont déterminés, uniques, pour tout* q, *par* $Z_q = (\mathcal{A}^{-1})^\star \varepsilon_q$, et l'on est ramené au n° 4. *Tout* Y *de* H *se met, d'une façon unique, sous la forme d'une série fortement convergente* $Y = \Sigma(Z_q, Y) A'_{2q}$. Il y a réciprocité parfaite entre les A'_{2p} et les Z_q, et l'on a pour tout Y de H, $Y = \Sigma(A'_{2q}, Y) Z_q$.

6. *Si* A *est de troisième classe*, $n(AA^\star) = 0$, $n(A^\star A) > 0$, on sait que $\Delta_{A^\star} = H$, mais, $A^\star X = 0$ admettant pour zéros tous les X d'une

(3) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 5.

variété fermée V, Δ_A n'est autre que la variété complémentaire $H - V$. $\Delta_A = H - V = [A_1, A_2, \ldots]$. L'équation $A^*Z = Y$ est résoluble pour tout Y. Mais sa solution n'est pas unique, car tout vecteur ζ de V donne $A^*\zeta = 0$. Cependant on sait que $A^*Z = Y$ *admet alors une solution unique dans* $H - V = [A_1, A_2, \ldots]$, c'est la solution de $A^*Z = Y$ ayant le plus petit module. Cette solution s'écrit $Z = BY$, B étant un opérateur borné tel que $A^*B = 1$, $BA^* = P_{H-V}$ = projection sur $H - V$. Il y a correspondance biunivoque par $Z = BY$, $Y = A^*Z$, entre Y de H et Z de $H - V$. *Nous prendrons* $Z_q = Be_q$ *et le problème sera résolu.*

On peut y arriver autrement, en remarquant que, les A_n étant linéairement indépendants, l'orthonormalisation des A_n donnera $A_n = \alpha_{n1}\varepsilon_1 + \ldots + \alpha_{nn}\varepsilon_n$, $(n = 1, 2, \ldots \infty)$, $\alpha_{nn} \neq 0$, le système orthonormal (ε_n) constituant une base de $H - V$. L'introduction de l'opérateur borné $\mathcal{A}$ défini par $A_n = \mathcal{A}\varepsilon_n$ ramène au premier cas, car $\mathcal{A}$ *est de première classe dans* $H - V$ et $\Delta_{\mathcal{A}} = H - V$. La résolution de $(A_p, Z_q) = \delta_{pq}$ se fait *d'une façon unique dans* $H - V$, par $Z_q = (\mathcal{A}^{-1})^* e_q$, et l'on retrouve les $Z_q = Be_q$ précédents. Il y a, *dans* $H - V$, réciprocité parfaite entre les (A_p) et les (Z_q). *La série* $\Sigma(Z_q, Y)A_q$ *converge fortement pour tout* Y *de* H, mais on aura

a. $Y = \Sigma(Z_q, Y)A_q = \Sigma(A_q, Y)Z_q$ si Y appartient à $H - V = \Delta_A$.

b. $\Sigma(Z_q, Y)A_q = \Sigma(A_q, Y)Z_q = P_{H-V}Y$ si Y n'appartient pas à $H - V$; car il est clair que, pour tout vecteur $\mathcal{Y}$ orthogonal à $H - V$ on a $(Z_q, \mathcal{Y}) = 0$, $(A_q, \mathcal{Y}) = 0$, donc $\Sigma(Z_q, Y)A_q$ ou $\Sigma(A_q, Y)Z_q$ ne représentent que la projection sur $H - V$ de Y.

7. En résumé, pour les 1re et 3e classes, ainsi que pour la 2e avec la modification indiquée au n° 5, la détermination du système (Z_q) dualistique de (A_p), tel que $(Z_p, A_q) = \delta_{pq}$, se fait d'une façon précise et fournit un système (Z_q) répondant aux desiderata. Dans ces trois cas, le système (Z_q) définit deux opérateurs Z et Z^* bornés, à savoir $Y = ZX = \Sigma x_n Z_n$ et $y = Z^*X = \Sigma(Z_n, X)e_n$. Les deux systèmes (A_p) et (Z_q) jouissent d'une parfaite réciprocité qui se traduit aussi par les deux relations $A^*Z = 1$ et $Z^*A = 1$ entre opérateurs ou matrices A, A^*, Z, Z^*. La première traduit l'ensemble des égalités $(A_p, Z_q) = \delta_{pq}$ ou $A^*Z_q = e_q$. La deuxième traduit l'ensemble des égalités $(Z_p, A_q) = \delta_{pq}$ ou $Z^*A_q = e_q$.

8. *Lorsque* A *est de* 4e *classe*, $n(AA^*) = n(A^*A) = 0$, ainsi que dans le cas des systèmes (A_n) quelconques définissant des A non bornés, la question est plus délicate, comme on le verra ultérieurement.

CORRESPONDANCE.

DYNAMIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'emploi des rapports de pressions comme critères de similitude applicables aux écoulements gazeux.* Note [1] de M. **Raymond Jamin**, présentée par M. Albert Caquot.

Les travaux de M. G. Darrieus et de M. P. Langevin [2] ont établi que la distribution du mouvement dans un gaz autour d'un projectile ne dépend que de la forme de celui-ci, du rapport α de sa vitesse à la vitesse du son, et du rapport γ des chaleurs spécifiques. On peut en conclure que le rapport ψ de pressions entre deux points de la surface du mobile, ou entre deux points liés au mobile, ou entre un point du mobile et un point fixe à distance suffisante, ne dépend que de γ et de α. Ces conclusions sont valables même dans le cas où des ondes balistiques se produisent. Mais elles sont aussi applicables si la vitesse est faible, dès que la viscosité devient négligeable. On a montré par ailleurs, en collaboration avec M. Villey [3], qu'aux faibles vitesses, l'expression donnant le supplément de pression dû au mouvement, dans une prise de pression orientée face à l'atmosphère, peut indifféremment s'écrire $p = \rho u^2 : 2$ ou $p = P\gamma\alpha^2 : 2$, u étant la vitesse, ρ la densité et P la pression de l'atmosphère. La première expression est d'origine hydrodynamique, et la seconde purement aérodynamique. Le coefficient de vitesse d'un avion, même d'un avion lent, peut être mesuré par un rapport de pressions. Il en est de même pour une hélice aérienne, et l'on peut ainsi construire des régulateurs conservant les coefficients de vitesse, et par conséquent la similitude aérodynamique, en maintenant les régimes avantageux. Il faut remarquer de plus que l'expérience a montré qu'aux faibles vitesses les ψ et la distribution du mouvement étaient indépendants de α. Il n'en est vraisemblablement pas de même quand la compressibilité entre en jeu. Ce sera peut-être la principale différence entre l'aérodynamique actuellement classique et celle des grandes vitesses. La considération des régimes homologues prendra beaucoup d'importance.

---

(1) Séance du 25 août 1941.

(2) *Mémorial de l'Artillerie française*, 1922, Fasc. 2 (Mémoires de 1918).

(3) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 628.

On passe sans difficulté au cas de l'écoulement d'un gaz dans des tubulures géométriquement semblables, dès que la viscosité est négligeable. Le coefficient de vitesse variant d'un point à l'autre, on est amené à prendre comme critère de similitude le rapport ψ des pressions entre des points homologues quelconques. Quand ce rapport est conservé, la distribution du mouvement l'est aussi. Cette conclusion n'exige pas l'isentropie. Elle suppose seulement que la similitude est conservée dans la non-isentropie, ce qui peut s'exprimer en considérant deux points quelconques M_1 et M_2 d'une tubulure et leurs homologues M'_1 et M'_2 sur une tubulure semblable, et en écrivant $T_1 : T_2 = f(P_1 : P_2)$ et $T'_1 : T'_2 = f(P'_1 : P'_2)$, les T et les P étant les températures absolues et les pressions aux divers points, et la fonction f étant assujettie à cette seule condition de ne pas changer quand on passe du groupe M_1 M_2 au groupe M'_1 M'_2. La fonction f peut donc avoir une forme quelconque, différente pour chaque groupe de positions homologues. Pour des écoulements semblables, c'est-à-dire quand les ψ sont conservés, on établit facilement les relations

$$\frac{u}{u'} = \sqrt{\frac{T_0}{T'_0}} \qquad \text{et} \qquad \frac{D}{D'} = \lambda^2 \frac{P_0}{P'_0} \sqrt{\frac{T'_0}{T_0}},$$

λ étant le rapport de similitude des tubulures, u et u' les vitesses en des points homologues, et D et D' les débits en masse. (L'indice zéro s'applique à une section au repos en amont.)

On peut encore écrire, k étant une constante, P_1 et P_2 les pressions en deux points quelconques et φ une fonction fournie par l'expérience, et ne dépendant que de la forme de la tubulure,

$$D = \lambda^2 k \, \varphi\left(\frac{P_1}{P_2}\right) \frac{P_0}{\sqrt{T_0}}.$$

Ces formules s'appliquent notamment aux appareils dynamiques utilisés pour la mesure des débits gazeux (diaphragmes ou tuyères).

CAPILLARITÉ. — *Comportement de la tension superficielle statique des solutions d'oléate de soude en fonction de la concentration.* Note [1] de M. **Michel Herquet**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'oléate de soude en solution dans l'eau présente des minima nets de tension superficielle statique. M. Lecomte du Noüy, le premier, signala le

[1] Séance du 25 août 1941.

fait (²) et en déduisit les dimensions moléculaires du sel en même temps qu'une valeur du nombre d'Avogadro. Nous avons cru intéressant de reprendre ces expériences avec un matériel éliminant au maximum les causes d'erreurs individuelles. Dans ce but nous avons conçu, réalisé et mis au point un tensiomètre enregistreur entièrement automatique. Le tensiomètre, placé sur un chariot monté sur rails, est amené successivement devant une série de vases contenant les solutions et disposés sur une tablette réglée à hauteur convenable. Ce déplacement du chariot porteur, la torsion du brin provoquant l'arrachement de l'anneau, l'enregistrement de la force appliquée à l'anneau, la remise au zéro se font de façon absolument indépendante de toute intervention de l'opérateur, par l'intermédiaire de petits moteurs commandés par un secteur tournant qui en assure la mise en marche et l'arrêt au moment voulu. Pour obtenir des résultats reproductibles, il est nécessaire d'employer un produit et des solutions conservés sous azote et à basse température. Les verres de montre contenant les solutions offrent un rapport surface/volume de 12,035.

Voici quelques résultats enregistrés :

	1er minimum.			2e minimum.			3e minimum.			
	$C.10^3$.	A.	D.	$C.10^3$.	A.	D.	$C.10^3$.	A.	D.	$N.10^{23}$.
	818	12	12,4	1360	8	7,45	1500	4	6,75	5,95
	840	15	12,04	1345	9	7,52	1508	6	6,71	6,10
	832	23	12,16	1335	11	7,57	1515	6	6,68	6,03
	808	11	12,53	1356	6	7,46	1525	3,5	6,63	5,98
	831	16	12,18	1344	10	7,53	1521	6,5	6,65	6,08
	819	14	12,36	1355	10	7,47	1493	5	6,78	5,92
Moy.	824	15	12,275	1350	9	7,5	1510	5	6,7	6,01

C, dénominateur de la fraction exprimant la concentration en oléate.
A, amplitude en dyn/cm de la chute de tension par rapport à une dilution infinie.
D, dimensions moléculaires en Å déduites en admettant qu'à chaque minimum corresponde une organisation monomoléculaire parfaite de la couche superficielle.
$N.10^{23}$, nombre d'Avogadro.
M, valeurs moyennes.

Nous constatons donc une parfaite concordance avec les valeurs trouvées

(²) *Phil. Mag.*, 48, 1924, p. 664; *Journ. de Phys. et le Radium*, 6e série, 6, 1925, p. 145.

par l'auteur précité. De plus, en modifiant le rapport surface/volume par adjonction de lamelles de verre calibrées, nous avons retrouvé le déplacement de la concentration critique où se produit le minimum.

ÉLECTROCHIMIE. — *Le couple zinc-nickel dans l'hydrogénation des composés organiques.* Note de M. **Victor Harlay**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Parmi les méthodes d'hydrogénation utilisées en chimie organique, celles qui reposent sur l'emploi du zinc sont assez nombreuses. Le zinc est utilisé, soit à l'état de métal pur en copeaux ou en poudre, soit associé à d'autres métaux sous forme de couple : le zinc amalgamé [1], les couples zinc-cuivre [2], zinc-palladium, zinc-platine [3] sont décrits dans la littérature. Le couple zinc-nickel ne paraît pas avoir retenu l'attention des chimistes. Le travail que nous présentons a pour but de signaler son intérêt.

Le couple zinc-nickel est actif surtout en présence d'un alcali : ammoniaque ou hydroxyde alcalin. C'est le plus souvent en présence d'ammoniaque que nous l'avons employé. Toutefois nous avons pu réduire le galactose en dulcite, le lévulose en mannite, en milieu neutre.

Préparation du couple. — On l'obtient aisément en traitant une solution ammoniacale d'un sel de nickel, le sulfate par exemple, par de la poudre de zinc. Le nickel se dépose et, à son contact, se dégage de l'hydrogène, tandis que le zinc transformé à l'état d'oxyde se dissout peu à peu dans le milieu ammoniacal. Dans certains cas il est nécessaire d'éliminer le nickel ionisé encore existant, soit que le composé à réduire fournisse avec lui un complexe insoluble, soit que l'on désire remplacer l'ammoniaque par la soude ou la potasse.

Nous avons successivement envisagé, dans ce travail, l'hydrogénation des différentes fonctions de la chimie organique.

1° *Composés éthyléniques* (transformation en composés saturés). — Les acides maléique, crotonique, oléique, cinnamique ont été respectivement transformés en acides succinique, butyrique, stéarique et phénylpropionique.

---

(1) Clemmensen, *Ber. d. chem. Ges.*, 46, 1913, p. 1837.

(2) Gladstone et Tribe, *Chem. News*, 28, 1872, pp. 103, 180 et 377.

(3) Zelinsky, *Ber. d. chem. Ges.*, 31, 1898, p. 3205; Palmer, *ibid.*, 27, 1894, p. 1378.

2° *Aldéhydes et cétones.* — Les aldéhydes formique, salicylique, la vanilline ont été réduits en alcools méthylique, salicylique et vanillique. L'aldéhyde salicylique donnant avec les sels de nickel en présence d'ammoniaque un complexe nickeleux insoluble (4), sa réduction a été effectuée en présence de potasse.

Les acides cétoniques, acides phénylpyruvique et benzoylpropionique, ont été transformés en acide phénylactique et en γ-phénylbutyrolactone.

3° *Oximes. Isonitrosocétones.* — Les cétoximes fournissent par hydrogénation les amines primaires correspondantes. La β-phényléthylamine et la phénylisopropylamine ont été obtenues à partir de la méthylphénylcétoxime et de la méthylbenzylcétoxime.

Les isonitrosocétones sont réduites en aminoalcools. (On n'obtient par ce procédé qu'une faible proportion de pyrazines.) Nous citerons le cas de l'isonitrosoacétophénone réduite à l'état de β-phényléthanolamine.

4° *Nitriles.* — Le cyanure de benzyle est hydrogéné en milieu hydroalcoolique en phényléthylamine.

De même, l'éthyl-2-amino-4-cyano-5-pyrimidine fournit d'abord le complexe rouge orangé décrit par M. Delépine (5), puis la diamine correspondante.

5° *Dérivés nitrés.* — L'acide *p*-nitrobenzoïque est hydrogéné régulièrement en acide *p*-aminobenzoïque.

6° *Transformation des cétones en amines par hydrogénation directe en milieu ammoniacal.* — Si l'on emploie comme milieu réactionnel la solution ammoniacale du commerce additionnée d'alcool de façon à augmenter la solubilité de l'acétone à transformer, on obtient avec un rendement satisfaisant, dans certains cas, l'amine primaire correspondante. La cyclohexanone, en particulier, fournit dans ces conditions 60 à 70 % de cyclohexylamine primaire. La méthylbenzylcétone, la β-naphtanone ont été transformées également en phénylisopropylamine et en β-naphtanamine.

Conclusions. — Les exemples que nous venons de citer montrent l'intérêt que présentait l'étude du couple zinc-nickel. La simplicité de sa préparation, les conditions faciles de son emploi, les résultats qu'il permet d'obtenir devaient être signalés.

---

(4) PFEIFFER, *J. f. prakt. Chem.*, 2, 1937, pp. 149 et 217.

(5) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 5, 1938, p. 1539; DELÉPINE et JENSEN, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 1663.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les tensions de vapeur des chlorures de phosphonitrile et l'existence d'un équilibre entre le caoutchouc minéral et sa vapeur.* Note [1] de MM. **Henri Moureu** et **Armand-Marie de Ficquelmont**, présentée par M. Marcel Delépine.

Notre étude a porté sur les chlorures de phosphonitrile trimère et tétramère et sur leur produit de polymérisation : le caoutchouc minéral.

La méthode utilisée est classique : elle consiste à enfermer la substance dans une ampoule reliée à un manomètre différentiel qui se trouve soumis, sur son autre face, à une pression que l'on peut faire varier à volonté, et dont la valeur est indiquée par un manomètre à mercure. Dans notre cas, le manomètre différentiel est constitué par une membrane élastique portant une longue aiguille. L'appareil entièrement en pyrex permet d'effectuer des mesures jusqu'à 450° C. Le chauffage était réalisé en plongeant le système dans un thermostat à huile agité mécaniquement. Au-dessus de 350°, on utilisait un thermostat à bain de sels fondus (nitrite de sodium-nitrate de sodium).

A. *Chlorure de phosphonitrile trimère* $(PNCl^2)^3$. — Ce corps a pu être étudié depuis son point de fusion (114°) jusqu'à son point d'ébullition (257°). Sa vitesse de polymérisation, dans cet intervalle de température, est en effet suffisamment faible, comme nos expériences nous l'ont montré, pour n'avoir aucune influence sur l'exactitude des mesures. Le point d'ébullition de 257°, obtenu par ce procédé, coïncide d'ailleurs pratiquement avec celui de 256°,5 déterminé directement par Stokes [2]. La courbe 1 représente nos résultats. Comme le veut la loi de Nernst, cette courbe n'est pas rigoureusement une droite. La courbure, qui n'est pas assez accentuée pour apparaître sur la figure, est suffisamment faible pour nous permettre de définir une chaleur moyenne de vaporisation moléculaire de 13 kcal.

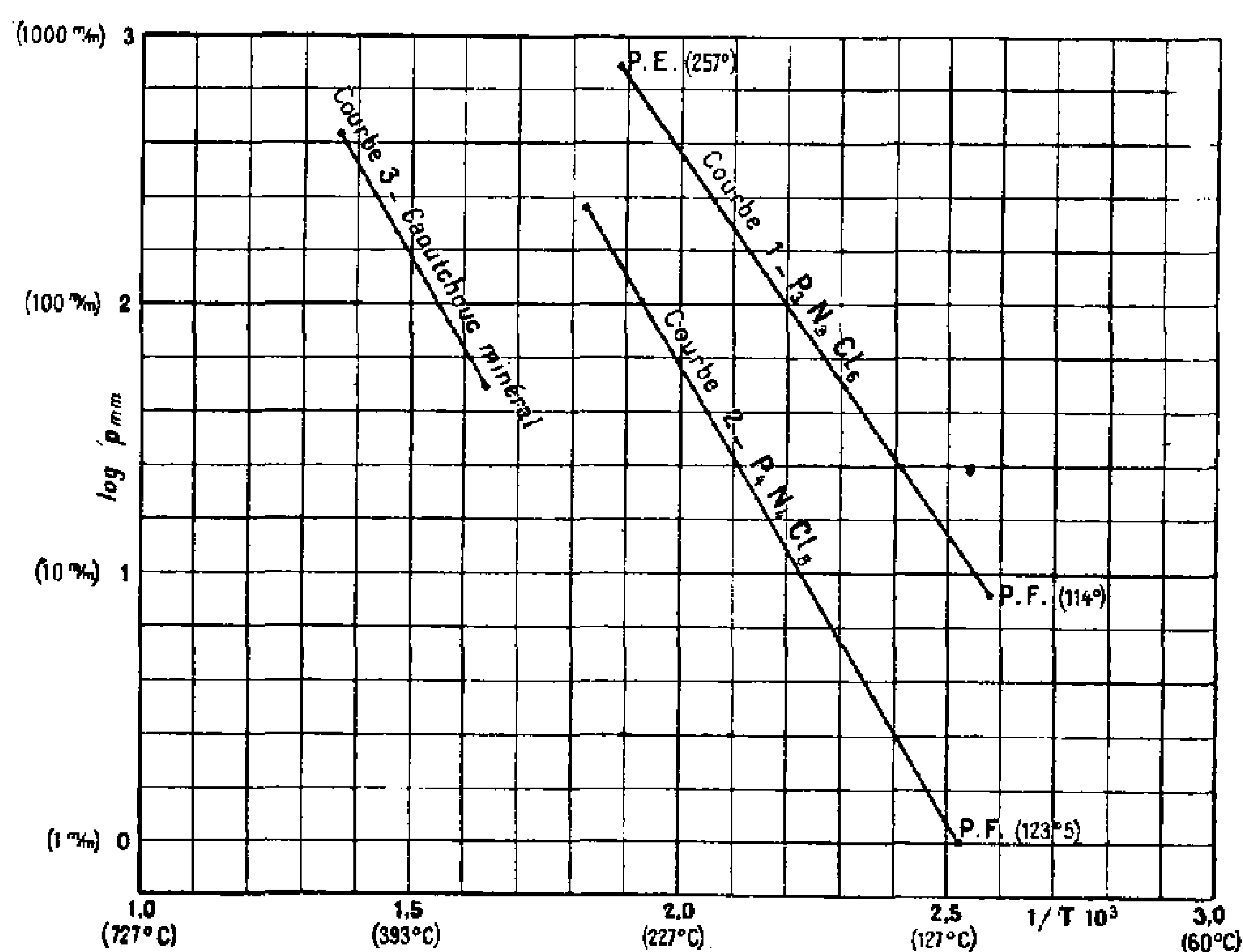
B. *Chlorure de phosphonitrile tétramère* $(PNCl^2)^4$. — La vitesse de polymérisation du chlorure tétramère devient trop grande, à partir de 275°, pour que l'on puisse effectuer des mesures de tension de vapeur correctes au-dessus de cette température. Nous avons donc dû nous borner à étudier ce corps dans l'intervalle compris entre son point de

---

[1] Séance du 25 août 1941.

[2] *Amer. Chem. Journ.*, 19, 1897, p. 782.

fusion 123°,5 et 275°; les résultats sont représentés par la courbe 2 dont l'extrapolation donne, pour la température d'ébullition du tétramère, 325°,5. Cette valeur est légèrement inférieure à celle indiquée par Stokes (328°,5) (*loc. cit.*), ce qui n'a toutefois rien d'anormal puisque, comme nous venons de le rappeler, la loi de variation de log p en fonction de 1/T n'est pas rigoureusement linéaire. La chaleur moyenne de vapori-



Variation du logarithme de la tension de vapeur en fonction de l'inverse de la température absolue. Les chiffres entre parenthèses sont donnés à titre indicatif pour montrer la correspondance avec les pressions et les températures.

sation moléculaire du chlorure de phosphonitrile tétramère que l'on peut calculer à partir de nos résultats est de 15,5 kcal.

C. *Caoutchouc minéral* $(PNCl^2)n$. — Les chlorures de phosphonitrile trimère et tétramère se polymérisent, comme on le sait, sous l'action de la chaleur. Nos expériences permettent de mettre facilement ce phénomène en évidence. Il suffit, en effet, de chauffer un échantillon de chlorure à température constante pendant un temps suffisamment long pour constater que sa tension de vapeur diminue progressivement en fonction du temps. Cet abaissement, plus ou moins rapide suivant la température choisie, est une conséquence directe de la transformation que subit le produit; il permet de suivre facilement la marche de la polymérisation et fournit même un moyen commode d'en déterminer la vitesse. Cette étude nous a montré que la substance hautement polymérisée désignée sous le nom de

caoutchouc minéral à laquelle on aboutit finalement, possède elle-même une tension de vapeur. Celle-ci, qui est parfaitement déterminée, quel que soit le terme de départ et le traitement qu'on ait fait subir au produit, est uniquement une fonction de la température. Ce résultat prouve qu'il existe un *équilibre* réversible entre le caoutchouc minéral et la phase vapeur en contact avec lui. La courbe 3 correspond à cet équilibre. D'après la pente, nous en déduisons une chaleur moyenne de vaporisation moléculaire de 15,5 kcal, sans qu'il nous soit encore possible, dans l'état actuel de nos recherches, de préciser d'une manière définitive le degré de polymérisation exact de la phase gazeuse.

L'existence de l'équilibre précédent éloigne le caoutchouc minéral du caoutchouc ordinaire; mais cet équilibre constitue une analogie de plus à ajouter à celles que nous avons déjà eu l'occasion de souligner entre les propriétés des corps dérivés du radical phosphonitrile et ceux de la famille du cyanogène ([3]).

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les dérivés diméthylés*-2.3 *et* 3.4 *de la thiosemicarbazide*. Note de M. **Eugène Cattelain**, présentée par M. Marcel Delépine.

La thiosemicarbazide $\underset{(3)}{S}=C\begin{cases}\overset{(4)}{NH^2}\\ \underset{(2)}{NH}-\underset{(1)}{NH^2}\end{cases}$ ou ses formes tautomères sont susceptibles de donner plusieurs séries de dérivés dialcoylés. Seules quelques dérivés dialcoylés-2.4 ont été préparés par Marckwald et Sedlaczek ([1]), puis par Busch, Opfermann et Walther ([2]). L'objet de cette Note est de décrire la préparation des dérivés diméthylés -2.3 et -3.4.

A. *Dérivé diméthylé*-2.3. — Si l'on fait réagir, en quantités sensiblement équimoléculaires, l'iodure de méthyle et la méthyl-2 thiosemicarbazide, et si l'on ajoute, après 12 heures de contact, à la solution hydro-alcoolique, deux fois son volume d'éther, la solution aqueuse qui se sépare renferme l'*iodhydrate de diméthyl*-2.3 *thiosemicarbazide*.

Ce dernier n'a pu être isolé à l'état cristallisé, mais divers *iodhydrates de diméthyl*-2.3 *thiosemicarbazones d'aldéhydes* ont été préparés à partir de ce composé.

([3]) H. Moureu et G. Wetroff, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 51.

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 29, 1896, p. 2920.

([2]) *Ber. d. chem. Ges.*, 37, 1904, p. 2320.

Constitution. — Une seule formule permet de représenter la diméthyl-2.3 thiosemicarbazide

$$CH^3{-}S{-}C\begin{smallmatrix}\nearrow NH \\ \searrow N(CH^3){-}NH^2\end{smallmatrix} \quad \text{dérivée de la forme tautomère} \quad HS{-}C\begin{smallmatrix}\nearrow NH \\ \searrow N(CH^3){-}NH^2\end{smallmatrix}.$$

On peut, expérimentalement, justifier cette représentation : si l'on combine la diméthyl-2.3 thiosemicarbazide avec l'acide phénylpyruvique $C^6H^5{-}CH^2{-}CO{-}COOH$, on obtient directement le dérivé diméthylé-2.3 de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4 (II) sans qu'il soit possible d'isoler la diméthyl-2.3 thiosemicarbazone de l'acide phénylpyruvique (I), combinaison normale qui se forme d'abord et qui est suivie immédiatement d'une cyclisation par déshydratation :

$$\text{(I)}\quad C^6H^5{-}CH^2{-}\underset{\displaystyle COOH}{C}{=}N{-}\overset{\displaystyle CH^3}{N}{-}\underset{\displaystyle NH}{C}{-}S{-}CH^3 \xrightarrow{-H^2O} C^6H^5{-}CH^2{-}C\begin{smallmatrix}\nearrow N{-}N(CH^3)\searrow \\ \searrow CO{-}N\nearrow\end{smallmatrix}C{-}S{-}CH^3 \quad \text{(II)}.$$

Ce composé cristallisé, fondant à 116°,5, est identique (épreuve du point de fusion du mélange) à celui que nous avons préparé (3) par alcoylation du dérivé monométhylé-3 de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4 et dont nous avons déterminé la constitution. La position des groupements méthyle dans la diméthyl-2.3 thiosemicarbazide se trouve ainsi confirmée.

B. *Dérivé diméthylé*-3.4. — Si l'on fait réagir à molécules égales l'iodure de méthyle et la méthyl-4 thiosemicarbazide en solution alcoolique, on obtient, après quelques heures, un précipité d'*iodhydrate de diméthyl*-3.4 *thiosemicarbazide*.

Ce composé cristallisé fond à 160°,5; il est insoluble, même à chaud, dans l'alcool absolu, soluble dans l'alcool à 95° à chaud, peu soluble à froid, soluble dans l'eau. Il ne se prête pas à un titrage acidimétrique net en présence de phénolphtaléine. Il se combine avec les aldéhydes et les cétones en milieu alcoolique en donnant des *iodhydrates* de *diméthyl*-3.4 *thiosemicarbazones*.

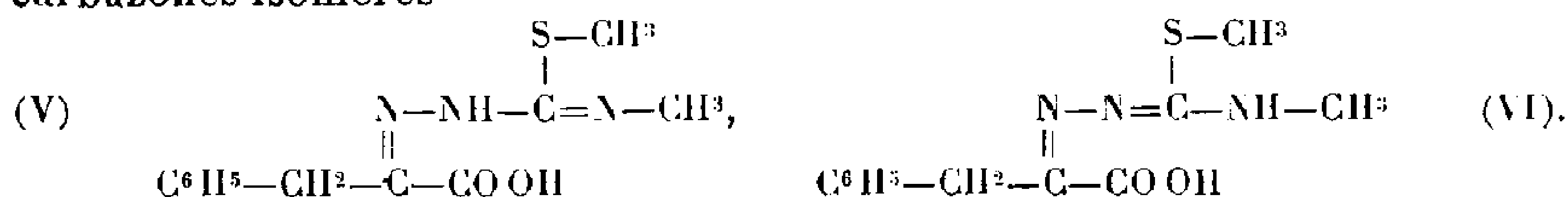
Constitution. — Pour déterminer la constitution de ce composé, qui peut être représentée par l'une des deux formules



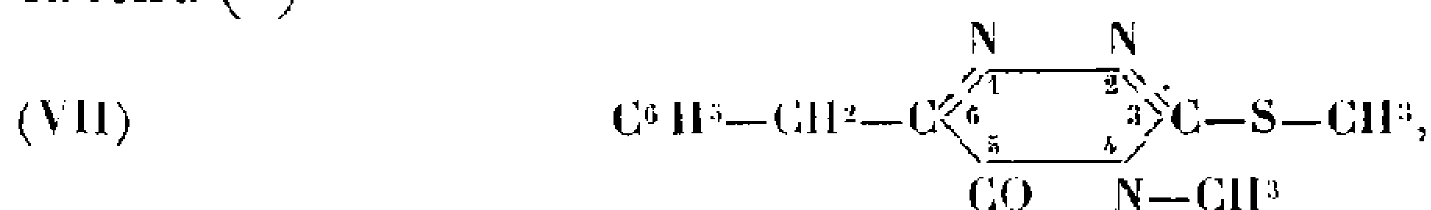
nous l'avons combiné avec l'acide phénylpyruvique. On peut envisager,

(3) E. Cattelain, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1912.

suivant le schéma adopté, la formation de deux diméthyl-3.4 thiosemicarbazones isomères



La diméthyl-3.4 thiosemicarbazone de l'acide phénylpyruvique de la forme (VI) peut se cycliser par déshydratation, conduisant ainsi au dérivé diméthylé-3.4 de la thiocéto-3 céto-5 benzyl-6 triazine-1.2.4 (VII) déjà obtenu [4]



l'isomère de forme (V) n'étant pas cyclisable. L'expérience montre que la diméthyl-2.3 thiosemicarbazone de l'acide phénylpyruvique obtenue ne peut se cycliser; il convient donc d'attribuer à ce composé la formule (V) et, par suite, à l'iodhydrate de diméthyl-3.4 thiosemicarbazide, la formule (III).

COMPOSÉS NOUVEAUX OBTENUS.

	F.
a. Iodhydrate de diméthyl-2.3 thiosemicarbazide, $C^3H^9N^3S$, HI	liquide
Iodhydrates de diméthyl-2.3 thiosemicarbazones :	
1° de l'aldéhyde benzoïque, $C^{10}H^{13}N^3S$, HI	187°
2° de l'aldéhyde anisique, $C^{11}H^{15}N^3OS$, HI	195
b. Iodhydrate de diméthyl-3.4 thiosemicarbazide, $C^3H^9N^3S$, HI	160,5
Iodhydrates de diméthyl-3.4 thiosemicarbazones :	
1° de l'aldéhyde benzoïque, $C^{10}H^{13}N^3S$, HI	162
2° de l'aldéhyde anisique, $C^{11}H^{15}N^3OS$, HI	139-140
Diméthyl-3.4 thiosemicarbazone de l'acide phénylpyruvique, $C^{12}H^{15}O^2N^3S$	154,5

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les N-dichlorocarbamates*. Note de MM. **Joseph Bougault** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les éthers de l'acide carbamique $RO.CO.NH^2$ peuvent donner deux séries de dérivés N-chlorés : 1° dérivés monochlorés $RO.CO.NHCl$; 2° dérivés dichlorés $RO.CO.NCl^2$.

---

(4) E. Cattelain, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 763.

Des représentants de ces deux formes ont déjà été décrits par Datta et Gupta (1), puis Ouben (2), qui les obtinrent en faisant passer un courant de chlore dans une solution aqueuse saturée d'uréthane. Ce mode de préparation n'est applicable qu'aux carbamates solubles dans l'eau et le rendement ne dépasse pas 50 à 80 % suivant l'éther carbamique utilisé.

L'objet de cette Note est de décrire : 1° un nouveau mode de préparation plus général et plus avantageux des dérivés N-dichlorés; 2° quelques propriétés de ces composés.

Préparation. — On fait réagir en quantité sensiblement équimoléculaire une solution d'hypochlorite de sodium concentrée sur une solution aqueuse d'un éther carbamique acidulée par l'acide sulfurique ou acétique :



$$RO.CO.NH^2 + 2ClOH \rightarrow RO.CO.NCl^2 + 2OH^2.$$

Le N-dichlorocarbamate insoluble précipite; les rendements sont quantitatifs, compte tenu de la solubilité du N-dichlorocarbamate, qui est généralement inférieure à 1 %.

Propriétés. — Les N-dichlorocarbamates possèdent les propriétés générales des dérivés N-halogénés, c'est-à-dire celles de l'acide hypochloreux résultant de leur hydrolyse :



$$RO.CO.NCl^2 + OH^2 \rightleftharpoons RO.CO.NH^2 + 2ClOH.$$

Leur action sur l'iodure de potassium en milieu acide



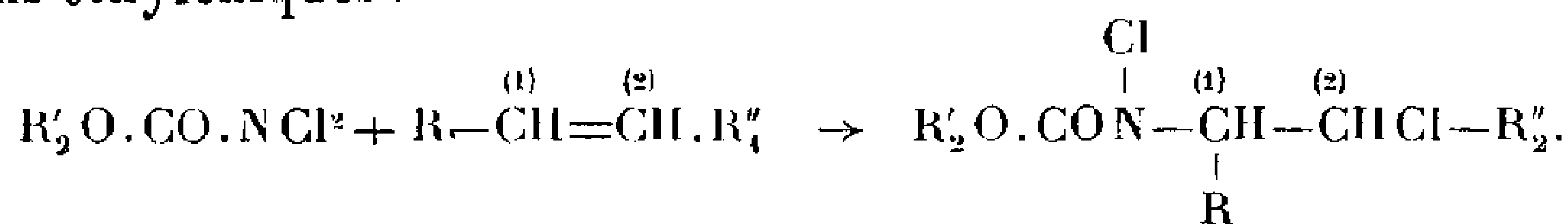
$$RO.CO.NCl^2 + 4IH \rightarrow 2I^2 + RO.CO.NH^2 + 2ClH$$

est particulièrement intéressante, puisqu'elle permet de titrer iodométriquement ces composés et, par suite, de les suivre au cours de leurs réactions.

Ces réactions se rattachent à trois types principaux : 1° réactions d'addition; 2° réactions de chloration; 3° réactions mixtes.

Dans cette Note les réactions d'addition seront seules envisagées.

Réactions d'addition. — Les N-dichlorocarbamates se fixent sur certaines liaisons éthyléniques :



$$R'_2O.CO.NCl^2 + R-\overset{(1)}{C}H=\overset{(2)}{C}H.R''_1 \rightarrow R'_2O.CON(Cl)-\overset{(1)}{C}H(R)-\overset{(2)}{C}HCl-R''_2.$$

(1) *J. Am. chem. Soc.*, 37, 1915, p. 569.

(2) *J. prakt. Chem.*, 7, 2e série, 1922, p. 105.

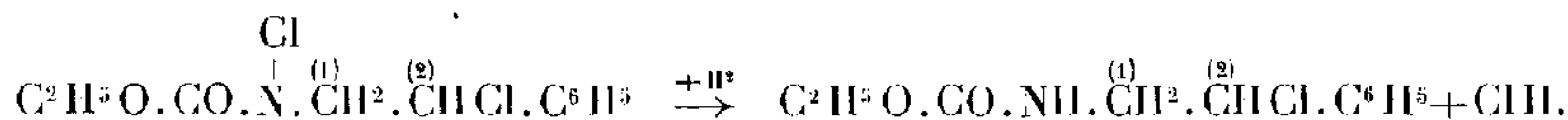
Ainsi le N-dichlorocarbamate d'éthyle réagit sur le styrolène pour donner le N-chlorophényl-2 chloro-2 éthylcarbamate d'éthyle :



$$C^2H^5O.CO.NCl^2 + CH^2{=}CH.C^6H^5 \rightarrow C^2H^5O.CO.NCl.CH^2{-}CHClC^6H^5 \quad (I)$$

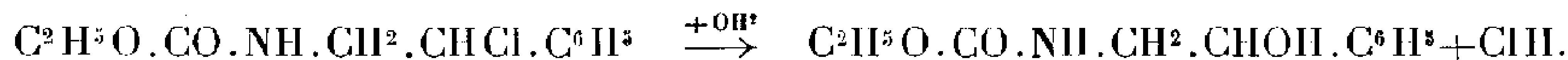
Cette réaction s'effectue plus commodément dans le benzène afin de tempérer la réaction qui est très vive.

Ce composé liquide possède encore un chlore actif déplaçant l'iode de l'acide iodhydrique, ce qui permet son titrage iodométrique. Il ne peut être distillé, même sous pression réduite. Traité par les réducteurs, tel le bisulfite de sodium, il perd son chlore actif et conduit au phényl-2 chloro-2 éthylcarbamate d'éthyle (F 50°) avec un rendement de 95 % :



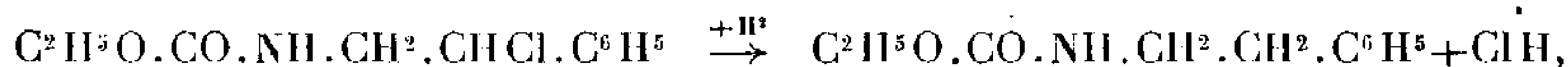
$$C^2H^5O.CO.\overset{Cl}{\overset{|}{N}}.\overset{(1)}{C}H^2.\overset{(2)}{C}HCl.C^6H^5 \xrightarrow{+H^2} C^2H^5O.CO.NH.\overset{(1)}{C}H^2.\overset{(2)}{C}HCl.C^6H^5 + ClH.$$

Ce dernier composé, soumis à l'action du carbonate de sodium ou du nitrate d'argent en milieu hydroalcoolique, fournit, par saponification, le phényl-2 hydroxy-2 éthylcarbamate d'éthyle :



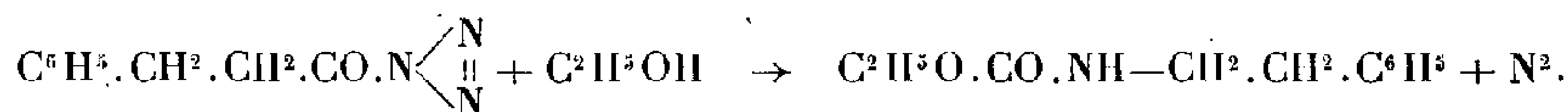
$$C^2H^5O.CO.NH.CH^2.CHCl.C^6H^5 \xrightarrow{+OH^2} C^2H^5O.CO.NH.CH^2.CHOH.C^6H^5 + ClH.$$

Si on le traite par le zinc en milieu ammoniacal, on obtient le phényl-éthylcarbamate d'éthyle :



$$C^2H^5O.CO.NH.CH^2.CHCl.C^6H^5 \xrightarrow{+H^2} C^2H^5O.CO.NH.CH^2.CH^2.C^6H^5 + ClH,$$

composé déjà obtenu par Jördan ([3]) en chauffant la phénylpropionylazide dans l'alcool absolu :



$$C^6H^5.CH^2.CH^2.CO.N\left\langle\begin{matrix}N\\ \|\\ N\end{matrix}\right. + C^2H^5OH \rightarrow C^2H^5O.CO.NH{-}CH^2.CH^2.C^6H^5 + N^2.$$

L'hydrolyse du phényléthylcarbamate d'éthyle au moyen des acides forts (en tube scellé à 140°) conduit à la phényléthylamine.

Ces faits fixent la position respective du chlore et de l'azote et justifient la formule (I) proposée pour représenter le produit d'addition.

L'anéthol et l'isosafrol donnent des composés d'addition analogues à ceux obtenus à partir du styrolène, mais avec des rendements inférieurs.

([3]) *J. prakt. Chem.*, 2e série, 64, 1901, p. 306.

Cette réaction de fixation sur les liaisons éthyléniques n'est pas générale; elle ne s'observe pas, en particulier, avec l'acide et l'aldéhyde cinnamique.

Composés nouveaux préparés.	F.
a. $Cl.CH^2.CH^2.O.CO.NCl^2$, N-dichlorocarbamate de β-chloroéthyle	38°
b. Composés d'addition du styrolène.	
$C^2H^5O.CO-NCl.CH^2.CHCl-C^6H^5$, N-chloro phényl-2 chloro-2 éthylcarbamate d'éthyle	liquide
$C^2H^5O.CO-NH-CH^2-CHCl-C^6H^5$, phényl-2 chloro-2 éthylcarbamate d'éthyle........	50°
$C^2H^5O.CO-NH-CH^2-CHOH-C^6H^5$, phényl-2 hydroxy-2 éthylcarbamate d'éthyle........	85°
c. Composés d'addition de l'anéthol.	
$C^2H^5O.CO-NCl-CH(CH^3).CHCl-C^6H^4OCH^3$, N-chloro (*m*-méthoxyphényl-2 chloro-2 méthyl-1) éthylcarbamate d'éthyle........	liquide
$C^2H^5O.CO.NH.CH(CH^3).CHCl.C^6H^4(OCH^3)$ (*m*-méthoxyphényl-2 chloro-2 méthyl-1) éthylcarbamate d'éthyle........	76°
d. Composés d'addition de l'isosafrol.	
$C^2H^5O.CO.NCl.CH(CH^3).CHCl.C^6H^3{<}^{O}_{O}{>}CH^2$, N-chloro (méthylène dioxyphényl-2 chloro-2 méthyl-1) éthylcarbamate d'éthyle.....	liquide
$C^2H^5O.CO-NH-CH(CH^3).CHCl-C^6H^3{<}^{O}_{O}{>}CH^2$ (méthylène dioxyphényl-2 chloro-2 méthyl-1) éthylcarbamate d'éthyle	114°

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Méthode électrique permettant la transformation d'un aérosol en organosol.* Note (1) de MM. **Marcel Pauthenier** et **Edmond Brun**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons décrit (2) un dispositif permettant de mettre les gouttelettes de brouillard en suspension dans l'huile, en vue de les mesurer. Le même dispositif permet aussi d'amener toutes les particules solides d'un gaz poussiéreux à l'intérieur d'un liquide isolant. Nous avons obtenu ainsi des suspensions dans l'huile : de noir de fumée, de grains de charbon de bois, de particules de talc, de granules de colorants. Les forces de tension superficielle, qui généralement empêchent les grains solides

(1) Séance du 4 août 1941.
(2) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1081.

de pénétrer dans le liquide, sont ici vaincues par les forces électriques qui s'exercent sur les particules chargées. Bien entendu, la méthode exige l'emploi d'un liquide isolant, car, dans le cas d'un liquide conducteur, les particules surnagent.

Il peut y avoir intérêt à préparer certains organosols par la méthode précédente. En outre, l'étude physique ou chimique des poussières peut, dans certains cas, être plus commode si les particules sont en suspension que si elles ont été projetées sur un écran adhésif : il convient alors de trouver un liquide isolant ne modifiant pas la propriété des particules que l'on veut étudier.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Phénomènes de dédifférenciation épidermique dans les boutures de feuilles de* Brimeura amethystina *L.* (*Liliacées*). Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

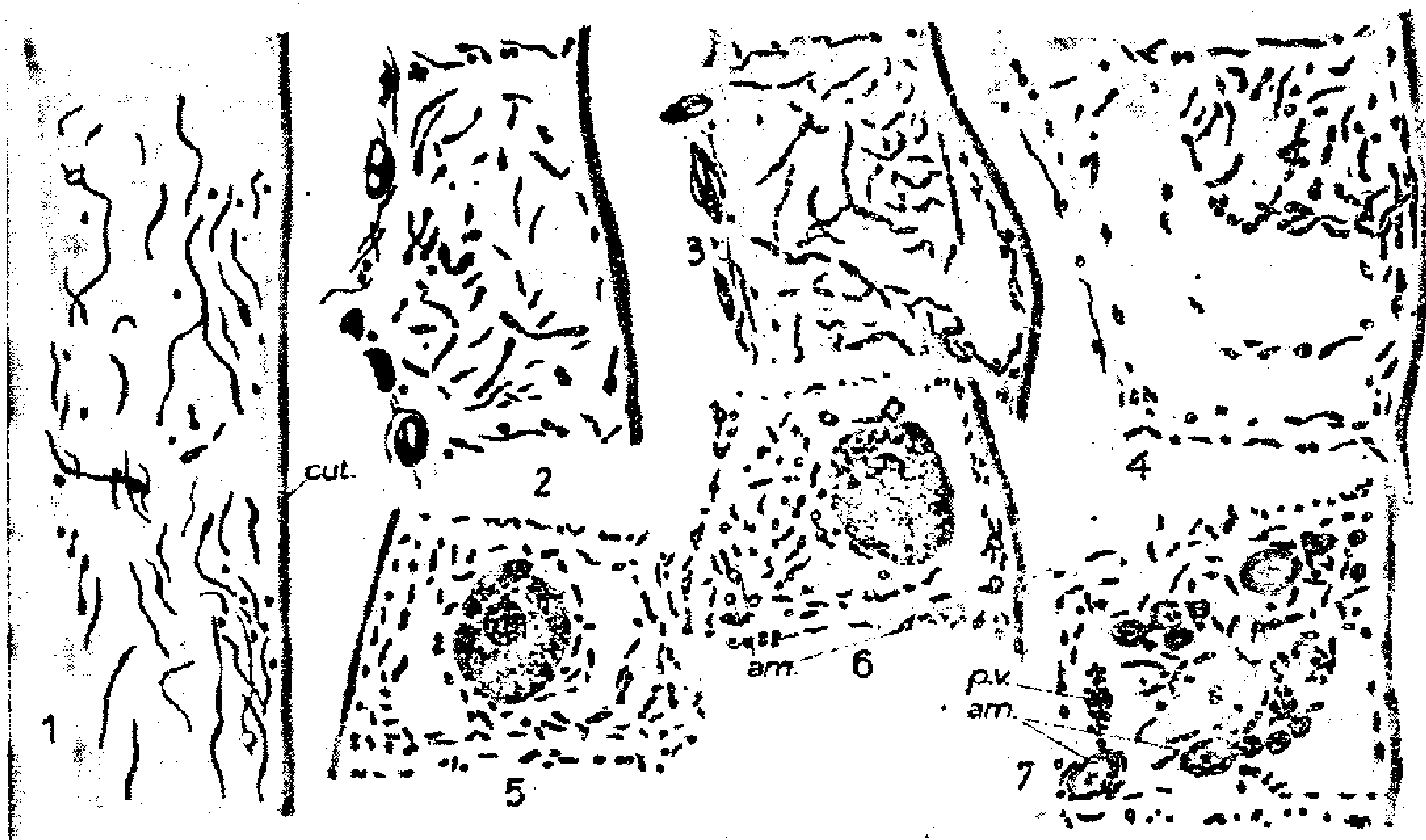
Les proliférations des boutures de feuilles de *Brimeura amethystina* L. qui aboutissent à la formation de jeunes bulbilles, sont d'origine épidermique exclusivement, tandis que le parenchyme chlorophyllien sous-jacent évolue en donnant de petites racines ([1]). Dans les deux cas, soit à partir de cellules épidermiques, soit à partir de cellules chlorophylliennes, il se forme des méristèmes par dédifférenciation de ces cellules. Nous donnons ici les résultats de notre étude cytologique des phénomènes de dédifférenciation épidermique.

L'épiderme normal se compose de cellules très allongées dans le sens d'allongement de la feuille. Il est recouvert d'une cuticule relativement épaisse (*fig.* 1, cut.). Le cytoplasme de ces cellules est réparti en une mince couche pariétale, le centre étant occupé par une grande vacuole. Le chondriome est formé essentiellement de longs chondriocontes, parfois diverticulés, présentant souvent de petites vésicules non colorables à l'eau iodée (*fig.* 1). Le noyau appliqué contre la paroi est relativement petit, à peu près sphérique, mais plus ou moins aplati sur la face en regard de cette paroi.

Les premières manifestations morphologiques de l'activité qui aboutira à la formation d'une bulbille concernent le noyau, qui retrouve la faculté de se diviser. Les premières mitoses sont toutes orientées parallèlement :

([1]) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 857.

les cloisons nouvelles segmentent les longues cellules initiales en cellules dont la longueur diminue jusqu'à formation de cellules presque aussi larges que longues. Il se produit ensuite des mitoses perpendiculaires, tandis que les premières continuent, d'où un empilement de cellules souvent très étroites et un boursoufflement de la surface de l'épiderme par dédoublement de son assise. La taille des noyaux reste à peu près constante. Ainsi le rapport du volume du noyau à celui de la cellule augmente progressivement tandis que se poursuit cette évolution, véritable *rajeunissement* de cellules adultes. Les préparations colorées, notamment par la



Figures exécutées d'après des préparations obtenues par la méthode de Regaud, sauf 5, obtenue après fixation au Helly.

méthode de Feulgen, montrent en outre un enrichissement en chromatine.

Le second signe de dédifférenciation affecte le chondriome. Il consiste d'abord en une segmentation des longs chondriocontes en bâtonnets de plus en plus courts. Les préparations montrent souvent de nombreuses figures de divisions transversales par étranglements et les segments restent parfois bout à bout pendant un certain temps (*fig.* 3); on ne retrouve plus les vésicules des chondriocontes. Cette involution se poursuit jusqu'à réduction du chondriome à l'état de mitochondries granuleuses et de très courts chondriocontes (*fig.* 4 et 5), mais une nouvelle différenciation se produit, généralement avant que la dédifférenciation soit achevée.

Les produits de la photosynthèse ne pouvant plus s'écouler vers le bulbe, une accumulation considérable de réserves se fait à la base de la bouture, en amont de la section; elle intéresse bientôt l'épiderme lui-même. Tandis que le chondriome des cellules épidermiques se dédifférencie, une partie de celui-ci commence déjà à accumuler de l'amidon. Dans le méristème, tout nouvellement formé, à côté de petits chondriosomes et de mitochondries granuleuses, on voit naître de jeunes amyloplastes, dont le développement est très rapide (*fig.* 6 et 7, am.). Leur coque mitochondriale s'amincit considérablement, à tel point qu'il devient très difficile de la mettre en évidence. On obtient ainsi un méristème épidermique assez particulier, puisqu'il contient beaucoup d'amidon. Souvent nous n'avons pas pu y trouver de cellules sans amidon, mais en général et surtout dans les bulbilles plus âgées, le méristème comporte quelques cellules sans amyloplastes, présentant un chondriome caractéristique de méristème; en tous cas ces dernières cellules sont très peu nombreuses et sont entourées de cellules bourrées d'amidon, bien que présentant encore une forte activité mitotique. Il peut même se former des amyloplastes dans des cellules épidermiques non dédifférenciées.

L'involution du système vacuolaire est plus tardive que celle du chondriome. Alors que celui-ci est déjà à l'état de courts bâtonnets, et que les cellules initiales ont subi plusieurs mitoses successives, chaque cellule-fille contient encore une grande vacuole à contenu peu concentré. Lorsque ces cellules deviennent à peu près cubiques, le noyau, devenu sphérique, occupe une grande partie de leur volume et la segmentation de la vacuole commence. On retrouve en sens inverse l'évolution des vacuoles à partir d'un méristème ordinaire. Il se forme d'abord quelques vacuoles sphériques, à contenu plus concentré; le rouge neutre, qui colorait les grandes vacuoles en rose pâle et n'y déterminait que peu de précipitations, colore ces dernières de façon intense et précipite souvent leur contenu en un ou quelques gros globules. On obtient à la limite les vacuoles plus ou moins filamenteuses caractéristiques des méristèmes (*fig.* 5, 6 et 7). Les fixateurs employés pour les préparations mitochondriales produisent, dans ces vacuoles, des précipités fortement sidérophiles, dont les colorations à l'hématoxyline sont souvent plus tenaces que celles de la chromatine et du chondriome, ce qui laisserait présumer qu'elles ont une nature lipidique (*fig.* 7, p. v.). Cependant ces précipités ne se colorent ni par le Soudan III, ni par le Noir Soudan B.

HISTOPHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur le repiquage des cultures de tissus d'Endive, de Salsifis et de Topinambour.* Note de M. **Roger Gautheret**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Des fragments isolés de trois plantes de la famille des Composées cultivés dans des milieux nutritifs sucrés se développent de manière différente (1); des tranches de Topinambour s'accroissent faiblement, des tranches de Salsifis forment sur leurs deux faces des cals peu importants, enfin des tranches d'Endive se développent d'une manière exubérante, produisant à la fois des racines, des cals et des tiges feuillées.

Ces résultats ne permettaient pas d'espérer entretenir le développement indéfini de ces tissus, car les deux premiers proliféraient trop faiblement pour qu'il fût possible de les repiquer, et quant aux autres fragments d'Endive, ils possédaient un tel pouvoir de régénération qu'on ne pouvait obtenir que leur bouturage et non de véritables cultures de tissus. Dans le but de surmonter ces difficultés considérables, nous avons fait agir sur des fragments de ces trois plantes, diverses concentrations d'hétéro-auxines qui, ainsi que nous l'avons montré, excitent puissamment la prolifération des tissus de Carotte. Les résultats ont été concluants.

Sous l'action d'acide indol-acétique ou d'acide naphtalène-acétique, des fragments de rhizomes de Topinambour ou de racines de Salsifis se sont accrus considérablement en formant des cals volumineux localisés uniquement sur la région baignée par le milieu nutritif. L'action de ces hétéro-auxines, déjà sensible pour une concentration de 0,000001 %, paraît être maxima pour 0,0001 %. Des doses plus élevées sont toxiques et déterminent en outre la formation de nombreuses racines sur les fragments de Salsifis, mais non sur ceux du Topinambour, qui produisent uniquement des cals très volumineux.

Les fragments d'Endive réagissent d'une manière particulière sous l'action de l'acide naphtalène-acétique. Une concentration de 0,000001 % de cette substance augmente le volume des cals, qui se développent normalement et détermine une diminution du nombre des bourgeons formés par les tissus. Une dose de 0,00001 % agit de la même manière, mais avec plus d'intensité et provoque en outre la formation de racines. Enfin une concentration de 0,0001 % d'acide naphtalène-acétique bloque complè-

(1) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1098.

tement le développement des bourgeons et donne naissance à des cals énormes ainsi qu'à quelques racines.

L'acide indol-acétique agit de la même manière mais il est moins actif et n'empêche pas absolument la différenciation des tiges feuillées à la surface des fragments de racine d'Endive.

La structure des cals obtenus par les hétéro-auxines est fort simple : ils possèdent une zone génératrice libéroligneuse, qui produit vers l'extérieur un parenchyme libérien et vers l'intérieur un parenchyme vasculaire dans lequel se différencient quelques vaisseaux plus ou moins aberrants. Remarquons que, dans le cas du Salsifis et de l'Endive, les hétéro-auxines ne font qu'exciter la prolifération de la zone génératrice, qui se forme normalement ainsi que nous l'avons déjà montré ([2]), tandis qu'au contraire les tissus de Topinambour ne produisent de zone génératrice que sous l'action d'hétéro-auxines, ce qui explique l'influence fondamentale de ces substances pour leur prolifération.

Ces résultats rendant possible le repiquage des cultures, nous avons procédé à cette opération en utilisant le milieu qui nous a permis de réaliser la culture indéfinie des tissus de Carotte ([3]); nous avons substitué à l'acide indol-acétique qu'il renferme, de l'acide naphtalène-acétique à une concentration de 0,00001 % ou de 0,0001 % ; dans ces conditions de petits fragments de cals se sont développés rapidement sans se différencier. Les cultures de Salsifis ont cessé de produire des racines au bout de 3 repiquages et celles d'Endive, au bout de 5 repiquages, n'en formaient plus que fort peu. Nos cultures ont actuellement subi 6 repiquages et sont âgées de près de 10 mois. Il n'est pas douteux que nous parvenions à entretenir leur développement pendant un temps illimité.

Nous avons également cultivé des tissus de Chou-navet et obtenu des résultats analogues.

En résumé, nous sommes parvenu à réaliser la culture indéfinie des tissus de Topinambour, de Salsifis, d'Endive et probablement aussi de Chou-navet, dans des milieux nutritifs renfermant des hétéro-auxines. Dans les conditions de nos expériences, les tissus d'Endive, Salsifis et Chou-navet s'accroissent beaucoup plus vite qu'en absence d'acides indol-acétique ou naphtalène-acétique. Quant aux tissus de Topinambour, ils ne se développent qu'en présence d'hétéro-auxines et ces substances sont indispensables à leur prolifération.

([2]) *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 875.

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 118.

PHYSIQUE VÉGÉTALE. — *Comportement des feuilles dans l'infrarouge proche, au cours du développement et du séchage.* Note de M. **Maurice Dériméré**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Il a été montré récemment que les végétaux qui réfléchissent le mieux l'infrarouge proche sont ceux qui en reçoivent le plus de par leur exposition à la lumière solaire directe (¹). Des essais prolongés plus avant dans l'infrarouge et selon une technique différente nous ont permis de vérifier cette loi, mais nous ont donné des résultats parfois différents en valeurs absolues ainsi que quelques valeurs nouvelles.

Nos essais ont été faits sous le rayonnement total d'une lampe Mazda infrarouge de séchage 250 watts, ayant une émission maximum de 12 à 16000 Å et tombant pratiquement à zéro dans le visible d'une part et un peu au delà de 20000 Å d'autre part. Les mesures étaient faites au moyen d'une pile de Moll à 16 couples constantan-manganin en série, montée sur un galvanomètre résistant à colonne.

Nous avons mesuré la perméabilité au rayonnement total et la réflection % au même rayonnement, sous angle réduit de 20°. Le tableau ci-dessous donne quelques résultats.

Espèce.	Épaisseur (en mm).	Transparence de la feuille exposée face supérieure.	Transparence de la feuille exposée face inférieure.	Réflexion de la face supérieure.	Réflexion de la face inférieure.
		%	%	%	%
Vigne-vierge	0,10	12	15	27	23
Vigne	0,14	8	8	24	24
Framboisier	0,13	8,5	9	21	21
Lilas	0,10	14	16	15	13
Haricots grimpants	0,14	9	10	34	27
Lierre terrestre	0,20	12	13	22	20
Lierre des murs	0,27	9	16	35	25
Buis panaché	0,08	15	16	22	22
Fillonia argyroneura :					
parties vertes	0,07	15	16	22	22
parties blanches	0,07	20	9	35	25
Marronnier	0,12	14	14	39	39

On remarquera que les réflexions sont nettement supérieures à celles

(¹) F. Obaton, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 621.

indiquées par Obaton, et l'utilisation de longueurs d'onde moyennes plus élevées n'explique que partiellement cette différence.

La différence entre les réflexions des faces internes et externes est généralement peu sensible et permet d'expliquer les légères différences que l'on obtient dans les mesures de perméabilité.

Ce fait est remarquable; on pourrait s'attendre à une défense des feuilles contre l'infrarouge meilleure sur les faces supérieures exposées aux rayons solaires; ceci n'a lieu que dans quelques cas. Le Lierre des murs, dont la face interne des feuilles est soumise à la réflexion infrarouge se trouve moins défendu de ce côté, alors qu'ici on aurait pu prévoir plus facilement une répartition meilleure de la défense.

Une anomalie apparaît avec les feuilles blanches de *Fillonia argyroneura*; la transparence est meilleure lorsqu'on expose ces feuilles face supérieure côté de la radiation, alors que les réflexions indiquent que le phénomène devrait être inverse.

Des séries d'essais ont été faites sur des feuilles d'âge variable. Les jeunes feuilles (compte tenu des épaisseurs et en rapportant la perméabilité à une épaisseur fictive de $0^{mm},1$) sont plus transparentes et moins réfléchissantes que les feuilles plus âgées. C'est donc au cours de leur formation, en passant par un maximum, que les feuilles acquièrent leur dispositif le plus complet de défense contre les rayons infrarouges.

Lorsque les feuilles commencent à jaunir, lorsqu'elles sont coupées fraîches et mises à sécher, leur transparence devient plus grande et leur réflexion moins élevée.

Pour la plupart des feuilles et herbes, et en règle générale pour tous végétaux chlorophylliens naturellement exposés aux rayons solaires, on peut estimer que les jeunes feuilles ont une réflexion de 10 à 12 %, passant dans la feuille adulte de 13 à 40 %, tombant brusquement de 5 à 15 % lorsque la feuille se fane, jaunit et tombe. La perméabilité rapportée à $0^{mm},1$ passe dans les mêmes phases de 12 à 20 %, puis à un minimum de 8 à 15 % et ensuite de 15 à 30 %. L'épiderme joue un rôle négligeable dans ces phénomènes, car il est très transparent à l'infrarouge (90 à 98 %).

Les Algues sont dotées d'un pouvoir réfléchissant moins grand que les végétaux précédemment examinés, mais elles sont souvent aussi opaques ou plus opaques par suite d'une pigmentation plus active à cet égard et peut-être aussi par la présence d'éléments peu transparents à l'infrarouge, comme l'iode.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques constituants de l'essence concrète des feuilles de Tabac* (Nicotiana tabacum) (1). Note de MM. **Sébastien Sabetay, Lucien Trabaud** et **Frank Emmanuel**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

En dépit de l'importance économique du Tabac et bien que ses qualités marchandes dépendent pour une bonne partie de son arome, son parfum est à peine connu au point de vue chimique.

Le parfum de *la fleur* a été isolé par M. E. Kurilo, qui l'a préparé par entraînement à la vapeur d'eau. C'est une huile à odeur tabacée, à relent citronné, qui contient des bases, des acides, des phénols, des esters etc., qui n'ont pas été étudiés de plus près. Le parfum de *la feuille fermentée* a été étudié par plusieurs auteurs, qui l'ont préparé soit par entraînement à la vapeur (H. Thoms, A.-T. Schlœsing, H. Brückner, A. Schmuck, M. E. Kurilo), soit par extraction aux solvants volatils (A. Haid, J. v. Degrazia, W. Halle et E. Přibram, P. König et W. Dörr, H. Brückner et J. Koechling). A part des caractérisations olfactives très variées (odeur de camomille, de vieux cuir, de foin et de coumarine, de violette, de tabac etc.), ces auteurs ont mis en évidence les corps suivants : furfurol, acides (formique, acétique, isovalérique, palmitique), nicotine et un carbure $C^{11}H^{20}$ (ou $C^{10}H^{18}$). *Les alcaloïdes du tabac*, qui concourent de façon notable à la production de l'odeur, ont été étudiés par A. Pictet et ses collaborateurs, et par E. Späth et ses élèves. Ces auteurs ont mis en évidence la triméthylamine, la nicotine, la nornicotine, la pipéridine, le dipyridyl-2.3, l'anabatine, l'anabasine, la nicotyrine, la myosmine, la N-méthylpyrrolidine, la N-méthylanabatine, la N-méthylanabasine etc. Quant au parfum du *tabac fumé* (fumée de tabac), il a été le mieux étudié. On y a trouvé des gaz, des complexes alcaloïdiques, des acides organiques, des alcools, des carbures, des aldéhydes et des cétones, des phénols etc.

Nos essais ont porté sur un Tabac provenant de la Régie marocaine. 200kg de feuilles séchées, partiellement fermentées, de *Nicotiana tabacum*, ont été extraites à l'éther de pétrole, au Maroc. On a obtenu 849g d'*essence concrète*

(1) Pour les détails bibliographiques, voir le Mémoire détaillé qui paraîtra dans le numéro d'octobre 1941 de *Chimie et Industrie*.

(rendement 4,245 °/₀₀), se présentant sous forme d'une masse jaune verdâtre et possédant les constantes suivantes : *p*. goutte 57°; I. A., 10,5; I. E., 50. La teneur en parfum, déterminée par codistillation avec le glycol, est de l'ordre de 15 %. Au moyen de l'alcool, on a transformé l'essence concrète en *essence absolue* (rendement 62 %, d_{15}^{15} 0,9927), huile épaisse noirâtre, à odeur forte, tabacée, avec un départ nettement menthé. Sa teneur en parfum est de l'ordre de 26,2 %.

Pour l'étude chimique, nous avons utilisé la fraction entraînable à la vapeur d'eau sous vide, obtenue à partir de l'essence concrète. C'est un liquide jaunâtre, ayant tendance à se colorer avec le temps. Son odeur caractéristique de tabac est extrêmement puissante, avec une nuance menthée et carvonée. Les constantes analytiques sont les suivantes : n_D^{20} 1,4805, d_{15}^{15} 0,9292, α —40°, I. A. 2,6, I. E. 52, I. iode (Kaufmann) 153, méthoxyle (Zeisel) 1 %, N (micro-Dumas) 3,85 %.

Pour la séparation des constituants, nous avons d'abord agité l'essence avec SO^4H^2 à 10 %, afin d'extraire les éléments basiques. Après alcalinisation, nous avons pu isoler une fraction principale consistant en *l-nicotine*, Eb_{12} 101-103°, n_D^{20} 1,5273, d_{15}^{15} 1,0164, α —67°, et donnant un *picrate* F 227° (Maq., pas de dépression avec le picrate de nicotine). Cette base est accompagnée d'autres composés à odeur pyridinique, indolique etc., que nous nous proposons d'étudier plus tard.

L'essence, débarrassée de nicotine possède une odeur herbeuse et menthée. Elle se colore en rose brun avec Cl^3Sb, et en brun verdâtre avec Cl^3Fe. Elle contient des dérivés carbonylés, décelables par oximation ($1^g \rightarrow 1^{cm^3}$,80 KOH $n/2$). Après saponification, nous avons mis en évidence des *phénols à odeur de cuir* et de l'*acide acétique* (le sel de Na dégage, par chauffage avec As^2O^3, une odeur de cacodyle, et par SO^4H^2, une odeur de vinaigre), accompagné d'un acide à odeur butyro-valérianique.

Afin d'isoler les alcools, la fraction neutre a été chauffée avec l'acide borique et le distillat traité par Na, pour retenir les alcools échappés à la boratisation. Par ce double jeu, nous avons pu isoler du *bornéol*, caractérisé par sa facilité de sublimation, son odeur moisie et son *phtalate acide* F 164° (pas de dépression avec le phtalate acide de bornyle), et des quantités importantes de *l-linalol*, Eb_8 74-75°, n_D^{20} 1,4683, d_{15}^{15} 0,8899, α —10°,40, caractérisé par son indice d'iode, par l'odeur de citral qu'il dégage par oxydation chromique, et par son *diphényluréthane*, F 50° (pas de dépression avec le diphényluréthane du linalol).

Les parties non alcooliques, riches en dérivés carbonylés, et contenant

des carbures à odeur pinénique, ont été traitées par le réactif de Girard et Sandulesco, qui nous a permis d'extraire une cétone Éb$_{16}$ 34-37°, à odeur menthée et amylique, s'oximant à froid avec équilibre.

En résumé, nous avons trouvé dans l'essence de feuilles de tabac du Maroc de la nicotine (accompagnée d'autres bases), de l'acide acétique (accompagné de faibles quantités d'un acide à odeur valérianique), des phénols à odeur de cuir, un carbure à odeur pinénique, une cétone à odeur menthée-amylique, et des alcools à l'état libre et estérifié, parmi lesquels le bornéol et principalement le *l*-linalol. L'essence concrète de tabac, dont nous avons déterminé pour la première fois les constantes analytiques, présente, à cause de son odeur typique, un réel intérêt pour la parfumerie. Mais, étant donné la variété des espèces, l'influence du terroir et la diversité des méthodes de fermentation, il y a lieu d'étudier ces essences séparément, car elles peuvent différer non seulement par leur parfum, mais aussi par certains constituants chimiques.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de juillet 1941 (*suite et fin.*)

Moutardes et vignes à verjus, par Auguste Chevalier. Extrait de la *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, nos 235-236, 1941. Paris, Laboratoire d'agronomie coloniale; 1 fasc. 24cm.

Trois arbres précieux de France à améliorer : olivier, noyer, châtaignier. Utilité d'en étendre la culture et de la moderniser, par Auguste Chevalier. Extrait de la *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, nos 237-238, 1941. Paris, Laboratoire d'agronomie coloniale; 1 fasc. 24cm.

La culture des plantes oléagineuses en France. Prospérité de cette culture de 1750 *à* 1870. *La régression depuis* 1880. *Essais et améliorations à entreprendre*, par Auguste Chevalier. Extrait de la *Revue de botanique appliquée et d'agriculture tropicale*, n° 233, 1941, 21e année. Paris, Laboratoire d'agronomie coloniale; 1 fasc. 24cm.

La collaboration nécessaire au point de vue agricole entre la France et son empire colonial, par Auguste Chevalier. Extrait du *procès-verbal de la séance de l'Académie d'agriculture de France du* 12 *février* 1941. Imprimerie Alençonnaise. Maison Poulet-Malassis; 1 fasc. 21cm.

Travaux du Service des mines de Madagascar. *Le réseau magnétique de Madagascar au* 1er *janvier* 1938, par Henri Besairie. Extrait du *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse*, t. 76, 1er trimestre 1941. Toulouse, les frères Douladoure, 1941; 1 fasc. 25cm (présenté par Ch. Maurain).

Causes anciennes et causes actuelles en géologie, par Lucien Cayeux. Paris, Masson et Cie, 1941; 1 vol. 23cm,5.

Chimie organique biologique. Introduction chimique à l'étude de la biologie générale, par Michel Polonovski et Albert Lespagnol. Paris, Masson et Cie, 1941, 1 vol. 25cm (présenté par M. P. Portier).

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 SEPTEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ASTROPHYSIQUE. — *L'âge de l'Univers.* Note [1] de M. **Jean Perrin.**

Lord Kelvin voyait l'origine de la chaleur solaire, jusqu'alors entièrement inexpliquée, dans l'énergie de gravitation libérée par la formation du Soleil à partir d'une matière infiniment éparse. Il y avait là de quoi subvenir au rayonnement pendant quinze millions d'années, et les géologues devaient, paraît-il, s'en contenter. Or les sédiments à fossiles suffisent à montrer qu'il ne peut s'être écoulé beaucoup moins d'un milliard d'années depuis que des Mollusques voisins de Mollusques actuels, donc nés en un climat semblable sous le même Soleil, pullulaient dans les mers anciennes.

D'autre part, en sa théorie de la Relativité, Einstein a trouvé que toute énergie a une masse (W/c^2 grammes pour W ergs, c désignant la vitesse de la lumière). Loi d'abord imposée par son pouvoir explicatif et depuis vérifiée (notamment lors de la projection d'hélium issu de lithium bombardé par protons). Langevin a aussitôt suggéré que, si les poids atomiques des éléments sont entiers quand on prend égal à 1,008 celui de l'hydrogène, c'est que ces éléments, en se formant à partir d'hydrogène, dégagent en énergie 8/1000e de la masse initiale. Et j'ai fait remarquer alors que, si le Soleil primitif était fait d'hydrogène, la transmutation de cet hydrogène en hélium ou autres éléments suffirait pour alimenter le

---

(1) Séance du 1er septembre 1941.

rayonnement solaire actuel pendant quelque cent milliards d'années. De quoi permettre, semblait-il, l'évolution des êtres vivants.

Cette durée va nous apparaître presque dérisoire à son tour.

I. Suivant la voie ouverte par Russell, on a trouvé que les étoiles (hors certaines prodigieusement denses) peuvent être rangées sans écarts importants en une série le long de laquelle le rayonnement total, ou *puissance*, décroît, ainsi que le volume et la masse, alors que la température superficielle croît depuis environ 2500° (géantes rouges, puis jaunes) jusque vers 30000° (étoiles blanches) puis décroît (naines jaunes, dont le Soleil, puis rouges). Et une hypothèse, dont la première idée est due à Lockyer, est que chaque étoile passe par cette suite d'états, perdant sa masse du fait qu'elle rayonne. Depuis le stade où se trouve le Soleil, qui, d'après la *constante solaire*, perd 4 millions de tonnes par seconde, il faudrait à ce taux, pour épuiser l'Étoile, environ 15 trillions d'années (« échelle longue » de l'âge de l'Univers).

On sait par ailleurs, d'après le déplacement vers le rouge de leurs raies spectrales, que les Galaxies (dont notre Voie Lactée) s'écartent les unes des autres avec une vitesse proportionnelle à leur distance, soit 160 km/sec par million d'années-lumière (Hubble). C'est-à-dire que l'Univers est en *expansion*. Et, à ce propos, je signale que la lumière partie d'une Galaxie, et perçue de plus en plus grave par celles qu'elle dépasse en sa course, revient infrarouge à son point de départ si, comme l'a suggéré Einstein, l'Univers est hypersphérique. Un calcul, au reste incertain, montre que, d'après l'allure actuelle de l'expansion, les Galaxies devraient être serrées les unes contre les autres il y a seulement quelques milliards d'années, durée avant laquelle rien de ce que nous connaissons ne serait saisissable (« échelle courte » de l'âge de l'Univers). Mais les bases du calcul ne sont pas si sûres qu'on ne puisse supposer que, lorsque les Galaxies étaient voisines et l'expansion encore très lente, l'Univers était constitué depuis un temps immense par des étoiles semblables aux nôtres. Et je compte en effet montrer ici que l'échelle longue, fort allongée encore, doit être décidément acceptée.

II. Je rappelle qu'en sa théorie de l'équilibre radiatif d'une masse gazeuse incandescente, Eddington a trouvé que *la puissance d'une étoile est proportionnelle au cube de sa masse*. Loi que les mesures ont confirmée pour les étoiles de la série de Russell, depuis ces géantes où la densité moyenne s'abaisse bien au-dessous de celle de notre air, jusqu'aux soleils jaunes plus denses que l'eau, et même aux naines rouges où la densité moyenne dépasse

largement celle du plomb, les propriétés des gaz y étant donc conservées (sans doute parce que les atomes, très réduits en volume par une ionisation qui chasse leurs électrons, sont loin de s'y trouver au contact). Seules les étoiles étrangères à la série de Russell, *naines blanches* (sans doute faites surtout de neutrons) où la densité peut dépasser un million de fois celle du plomb, font exception.

Dès lors, d'après la déperdition connue au stade solaire, si une étoile qui épuise sa masse en rayonnement suit la loi d'Eddington, on calcule aisément son âge, qu'on trouve proportionnel à l'inverse du carré de sa masse actuelle. D'abord prodigue, l'étoile a pris 1,7 milliard d'années pour passer de 50 fois la masse solaire S à la masse 40 S, puis 13 milliards entre 40 S et 20 S, puis 250 entre 20 S et 5 S; un trillion d'années sont nécessaires entre 5 S et 2 S, et plus de 5 trillions d'années entre 2 S et S. Soit en tout plus de 6 trillions d'années pour le passé de notre Soleil!

On objectera que peut-être chaque étoile s'est formée à peu près telle que nous la voyons, et aurait à peine commencé à décroître, nos calculs valant pour son avenir et non pour son passé. Nous allons voir que cela n'est pas admissible, du seul fait qu'il existe de nombreuses *étoiles doubles* dont les composantes sont de l'ordre de notre Soleil.

Car, en sa théorie (confirmée par la loi qu'on vient de dire), Eddington trouve qu'au-dessus d'une certaine masse critique (10^{36} grammes ou 55 S) la pression de radiation due au flux lumineux jailli vers l'extérieur l'emporte sur le poids des couches supérieures, l'étoile devant alors se diviser. (Et de fait, à l'écart près signalé pour S Dorade, peut-être instable, qui serait 1,2 fois trop lourde, toute étoile étudiée a une masse inférieure à la masse critique.) Après cette division, une composante au moins est disons 30 fois plus lourde que notre Soleil et, si nous la voyons aujourd'hui au stade solaire, c'est qu'elle a déjà rayonné pendant environ 6 trillions d'années. Argument qui me semble décisif en faveur de l'échelle longue, et n'a pas, je crois, été signalé.

Notons qu'au voisinage de sa puissance actuelle, notre Soleil prend un trillion d'années pour perdre 1/15e de sa masse. Cela fait un trillion d'années qui ont pu permettre le progrès des espèces vivantes avant l'apparition de l'Homme, sous un Soleil à peine plus chaud qu'aujourd'hui, et cela fait un autre trillion d'années sous un Soleil à peine moins chaud qui pourront permettre de nouveaux progrès de ces espèces, en une Évolution qui cette fois semble vraiment au large (et pourrait encore s'adapter ultérieurement à des températures lentement diminuées).

Maintenant que nous pouvons accepter en sécurité le calcul de l'âge d'une étoile par la loi d'Eddington, suivons l'histoire de notre Soleil (ou remontons celle d'une naine rouge). Vingt trillions d'années seront nécessaires pour qu'il devienne 2 fois moins lourd (et 8 fois moins puissant). Puis, de plus en plus économe, par étapes de plus en plus longues, il atteindra, gardant seulement le dixième de sa masse, le stade de ces naines rouges que nous pouvons encore tout juste observer (et qui n'est pas terminal). Ce qui au total aura pris environ *six cents trillions d'années*.

Ceci est la durée qu'une étoile met à se consumer. Or le Ciel nous montre des étoiles à tous les stades de cette évolution. Si l'état actuel est quasi stationnaire, la richesse en étoiles pour chaque stade est proportionnelle au temps passé dans ce stade. Grossièrement cela semble le cas. Alors, et tenant compte de la réserve encore énorme, au sein des Galaxies, des nébulosités sources de géantes, nous pouvons raisonnablement penser qu'une durée décuple de celle d'une étoile se sera écoulée entre le temps où s'allumèrent les premières géantes et celui où les Galaxies se réduiront à un fourmillement de naines rougeâtres de plus en plus amenuisées. Soit une durée peu inférieure à dix mille trillions d'années (10^{16} ans)!

Mais peut-être aucun nombre ne peut encore exprimer cette durée. Car toute mesure n'a de sens qu'autant que nos étalons subsistent et restent concordants. Or il semble qu'en particulier l'inertie, la *masse* d'un objet, a son origine dans l'ensemble de la matière présente dans l'Univers, donc varie avec elle, ce qui peut influer, par exemple, sur la désintégration d'une proportion donnée de radium. En sorte qu'il faudra sans doute élargir nos concepts de Temps et d'Espace, pour les étendre à des conditions très éloignées de celles où ils se sont formés.

III. La *disparition* (au millième près) de la Matière primitive diffère profondément de la perte de masse d'hydrogène transmuté en hélium. Ce n'était là qu'un réarrangement de grains élémentaires conservés en nombre et en nature. Ici ces grains même disparaissent, comme nous savons déjà que peuvent faire un positon et un négaton en engendrant deux photons. Et le physicien doit regarder comme *certain* que, dans les étoiles, et non par une désintégration indépendante des circonstances extérieures, les neutrons et tous autres grains élémentaires disparaissent, transmutés en énergie.

IV. Plusieurs théoriciens de la Relativité ont prévu comme également probables l'Expansion ou la Contraction de l'Univers. Une répulsion de la matière par la matière aux grandes distances explique peut-être pour une

part l'expansion actuelle. Ne peut-on supposer (Francis Perrin) que, lorsqu'il n'y aura plus de matière, l'Espace, qui aura dépassé son état le plus stable comme un pendule dépasse sa position d'équilibre, se mettra à se contracter? Alors les photons, qui sillonnaient cet Espace distendu au début de cette Ère de Contraction, deviendront de plus en plus aigus, et les chances que soient inversées les conditions qui leur avaient donné naissance iront croissant : de nouvelle matière apparaîtra sans cesse aux dépens de lumière, jusqu'à ce que, ayant dépassé dans le sens inverse son état stable, l'Univers où se reformeront les nébulosités puis les étoiles géantes recommence une Ère d'expansion. Et ainsi indéfiniment.

Même le rêve n'est pas exclu que, endormies dans l'espace glacé, les spores qui, selon Arrhenius, chassées par la lumière, propagent la vie de planète en planète, puissent durer plusieurs Ères et transporter de l'une à l'autre les germes de Formes précieuses, comme la semence d'automne après le sommeil hivernal s'épanouit dans la moisson de l'été. Par là triompherait la tendance des Choses vers une Pensée sans cesse plus haute, au travers du balancement éternel d'un Univers qui n'a pas connu de Naissance et ne connaîtra pas de Mort.

CHIMIE ORGANIQUE ET BIOLOGIQUE. — *Synthèse d'une substance cyanogénétique par oxydation de l'aldéhyde formique et de l'ammoniaque.* Note (¹) de MM. **Richard Fosse, Roger de Larambergue et Jacques Gaiddon.**

L'acide cyanhydrique, très répandu dans le règne végétal, s'y présente à l'état libre ou combiné. C'est ainsi que le composé cyanogénétique le plus anciennement connu, l'amygdaline, lui donne naissance, accompagné de glucose et d'aldéhyde benzoïque, par hydrolyse acide ou enzymatique.

Considéré comme terme intermédiaire générateur des protides (Pflüger, Gautier, Treub etc.), l'acide cyanhydrique devrait son existence, chez les végétaux, à l'action de la lumière et de la chlorophylle sur l'aldéhyde formique et l'acide nitrique (Gautier) :



$$5CH^2O + 2NO^3H = 2CNH + 3CO^2 + 3H^2O.$$

A ce mécanisme, dont les feuilles auraient le privilège, nous en ajoutons

(¹) Séance du 1er septembre 1941.

un autre, plus général, s'appuyant sur des réactions chimiques pouvant se produire dans toutes les parties de la plante, pourvues ou non de chlorophylle. Il consiste dans l'oxydation des produits de la réduction chlorophyllienne des acides carbonique et azotique.

Nombreuses sont en effet les expériences qui démontrent que ce nitrile est un produit constant de l'oxydation permanganique, en milieu ammoniacal, en présence d'un sel d'argent ou de mercure, d'un très grand nombre de dérivés du carbone, naturels ou artificiels : *glucides* (glucose, lévulose, saccharose, dextrine, amidon, cellulose); *glycérol*, constituant des lipides; *aldéhyde formique*, premier terme supposé de l'assimilation chlorophyllienne de l'acide carbonique ([2]); *alcools*; *phénols*; *amines* ([3]).

De tous les corps étudiés, le formol est celui qui possède la plus grande aptitude à engendrer l'acide cyanhydrique. Dans une série de douze expériences ([4]), on voit en effet les rendements osciller entre 30 et 37,5 de CNH % de CH^2O. 100^{mol} de cet aldéhyde peuvent produire plus de 41^{mol} de ce nitrile, d'après la très simple égalité



$$CH^2O + NH^3 + O = CNH + 2\,H^2O.$$

La formation de CNH par oxydation permanganique des substances organiques n'avait pu, jusqu'ici, être obtenue, de manière appréciable, qu'en présence d'un sel d'argent ou de mercure. Des considérations d'ordre biologique nous ont conduit à chercher la réalisation de ces synthèses en l'absence des métaux cités, inexistants chez les êtres vivants et incompatibles avec la vie du protoplasme.

A la suite de nombreuses expériences, nous avons pu constater que l'oxydation du formol et de l'ammoniaque par le permanganate d'ammonium [mélange de MnO^4K et de $SO^4(NH^4)^2$] conduit directement non à l'acide cyanhydrique libre, mais à une substance qui lui donne naissance par hydrolyse.

Ce terme intermédiaire contient dans sa molécule l'ion CN à l'état dissimulé. Comme l'amygdaline, il dégage l'acide cyanhydrique par simple chauffage dans un appareil distillatoire avec de l'acide sulfurique dilué.

L'action d'un sel d'argent permet, bien plus facilement encore, la carac-

---

([2]) R. Fosse, *Comptes rendus*, **173**, 1921, p. 370.

([3]) R. Fosse et A. Hieulle, *ibid.*, **174**, 1922, p. 39.

([4]) R. Fosse et A. Hieulle, *ibid.*, **174**, 1922, p. 1021; R. Fosse, *L'Urée*, Paris, 1928, p. 163-172.

térisation du radical CN, soit à l'état de CNAg cristallisé, soit à celui de CNH libre. Ces réactions donnent, en outre, l'explication de la présence nécessaire et du rôle de ce métal dans les synthèses de CNH par oxydation permanganique des corps carbonés en milieu ammoniacal.

SYNTHÈSE D'UNE SUBSTANCE CYANOGÉNÉTIQUE PAR OXYDATION DU FORMOL ET DE L'AMMONIAQUE. — Dans de l'ammoniaque concentrée (75^{cm^3}) dissoudre du polyoxyméthylène ($0^g,5$) et du sulfate d'ammonium ($12^g,5$), ajouter, en triturant, du permanganate de potassium, très finement pulvérisé, peu à peu, en refroidissant. Après destruction du persel, centrifuger et laver à l'eau le dépôt, de manière à obtenir un volume total de 100^{cm^3}.

Absence d'acide cyanhydrique libre dans la liqueur d'oxydation. — 20^{cm^3} de celle-ci, additionnés d'iodure de potassium, accusent un trouble persistant d'iodure d'argent au contact de la plus petite goutte possible de solution décime d'argent. Le milieu ne renferme donc point d'acide cyanhydrique en quantité appréciable.

Formation d'acide cyanhydrique par distillation de la liqueur d'oxydation. — 20^{cm^3} de liqueur, placés dans un ballon à distiller, acidulés par SO^4H^2 dilué, donnent un distillat possédant l'odeur et les réactions de CNH.

Dosage par la méthode de Denigès.

Argent décime consommé par le distillat fourni par 20^{cm^3} de liqueur....	$1^{cm^3},75$
CNH % de formol oxydé	9,45

ACTION D'UN SEL D'ARGENT SUR LA LIQUEUR D'OXYDATION DU FORMOL ET DE L'AMMONIAQUE PAR LE PERMANGANATE D'AMMONIUM. — *Formation de cyanure d'argent cristallisé.* — La liqueur d'oxydation, additionnée de nitrate d'argent, refroidie et acidulée par l'acide nitrique, abandonne un précipité de cyanure d'argent brut. Celui-ci se dissout dans une solution de carbonate de potassium à 25 %, bouillante, d'où il cristallise par refroidissement en fines et longues aiguilles, d'aspect caractéristique au microscope.

Formation d'acide cyanhydrique libre par l'action successive du nitrate d'argent et de l'acide chlorhydrique. — A 20^{cm^3} de la liqueur d'oxydation qui, nous l'avons vu, était exempte d'acide cyanhydrique libre, puisqu'elle refusait de dissoudre des traces d'iodure d'argent, ajouter 2^{cm^3} d'argent décime, puis de l'acide chlorhydrique en quantité suffisante pour précipiter la totalité de l'argent dissous. Le filtrat donne avec intensité les réactions de l'acide cyanhydrique. La même expérience sans addition préalable de nitrate d'argent ne libère pas, à froid, d'acide cyanhydrique par addition d'acide chlorhydrique.

CHIMIE INDUSTRIELLE. — *Sur la fabrication du sulfate d'ammoniaque par le gypse et sur quelques réflexions concernant la conception inventive.* Note de M. **Georges Claude.**

J'ai décrit récemment ([1]) un nouveau procédé de fabrication du sulfate d'ammoniaque par le gypse d'après lequel les solutions concentrées d'SO^4Am^2 résultant de l'action du gypse sur CO^3Am^2 et séparées du CO^3Ca, au lieu d'être évaporées, sont précipitées par un excès d'ammoniaque anhydre, lequel est ensuite transféré sur une autre fraction par vaporisation et compression, et ainsi de suite.

J'ai en outre indiqué que les boues de CO^3Ca, ne pouvant ici être lavées pour en récupérer classiquement le sulfate d'ammoniaque, puisque la quantité d'eau du cycle est constante et l'évaporation exclue, pourrait être utilisées telles quelles comme engrais, soit dans les terres décalcifiées par la culture, soit dans les régions naturellement très pauvres en calcaire, comme la Sologne.

Or, si cet emploi des boues non lavées est certainement intéressant pour des terrains pauvres en calcaire, voisins de l'usine d'engrais, il en ira évidemment moins bien si ces terrains sont éloignés : c'est malheureusement le cas de la Sologne par rapport aux usines synthétiques d'ammoniaque, et j'ai dû reconnaître que dans les récentes conditions de transport qu'on nous a fait connaître, les avantages de mon procédé ne payeraient pas une réduction de prix du sulfate des boues capable de compenser le transport aussi lointain de 900^{kg} d'eau ou de CO^3Ca accompagnant 100^{kg} de sulfate d'ammoniaque.

Je me propose de montrer comment mes efforts pour sortir de cette difficulté m'ont conduit à une technique complètement différente, bien plus intéressante au point de vue général.

En étudiant, en effet, les modalités d'application de mon procédé, je me suis demandé si la réaction du gypse sur CO^3Am^2, au lieu d'aboutir classiquement à la production de solutions saturées d'SO^4Am^2, ne pourrait être poussée plus loin; car le sulfate ainsi formé *au delà de la saturation*, ne pouvant se dissoudre, précipitera avec le carbonate de chaux; la valeur de ces boues étant donc relevée, l'influence du transport en sera diminuée.

Conformément aux probabilités, l'expérience a prouvé qu'il en est bien ainsi, et qu'il est même possible de partir d'une solution *saturée* d'SO^4Am^2; c'est alors la *totalité* du sulfate formé qui se forme à l'état solide et précipite avec CO^3Ca.

On voit à quelle simplicité technique on est ainsi amené, puisqu'une simple centri-

---

([1]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 105.

fugation du produit de l'opération fournira, d'un côté, des boues à plus de 400kg d'SO^4Am^2 par tonne, directement utilisables comme engrais et devenues un produit de valeur que l'on peut transporter; de l'autre, une solution saturée de sulfate, prête à recommencer le cycle. Donc, plus besoin de précipiter le sulfate par un excès d'ammoniaque, puisqu'il est déjà précipité; plus de dépense de force motrice pour enlever l'excès d'ammoniaque, puisqu'il n'y en a plus; plus de charbon à brûler pour l'évaporation, puisqu'on obtient directement le sulfate solide; enfin, le fait que la réaction n'est pas tout à fait intégrale importe peu, puisque le reste de CO^3Am^2 non engagé se retrouve dans l'eau mère pour le cycle suivant, sauf le peu que retiennent les boues après l'essorage : dès lors, débarrassées en outre du lavage des boues et de l'évaporation des jus, les opérations peuvent se succéder plus rapidement dans un appareillage plus simple, au grand bénéfice des frais d'amortissement et de main-d'œuvre.

Seulement, à mon point de vue, à ces grands avantages s'opposaient trois défauts :

1° On obtient des boues très riches, mais pas de sulfate pur, alors que c'est celui-ci qui est d'emploi courant.

2° Si riches soient ces boues, le prix de leur transport par tonne de sulfate dépasse forcément celui du sulfate pur : or, on ne peut plus agir ici comme quand la boue n'était qu'un sous-produit peu important, dont on pourrait vendre à bas prix le sulfate pour faciliter le transport : ici, c'est tout le sulfate qui se trouve dans les boues et qu'il faudrait dévaloriser : le sacrifice serait trop grand.

3° Ces boues à 400kg de sulfate par tonne contiennent à peu près juste assez de calcaire pour compenser l'effet décalcifiant de ces 400kg de sulfate, donc bien trop peu pour recalcifier progressivement le sol, comme je le désirais.

Ainsi, pour la Sologne, le but est dépassé.

On pourrait corriger ces défauts en enlevant aux boues par lavage une partie du sulfate, mais on retomberait dans la nécessité coûteuse de l'évaporation.

Il y a une autre solution, bien préférable.

Les particules de CO^3Ca provenant de la réaction du gypse sont bien plus petites que celles d'SO^4Am^2. Aussi, bien que la densité du CO^3Ca soit de 2,5, contre 1,7 pour SO^4Am^2, ces particules de CO^3Ca tombent moins vite, au repos, dans la bouillie où elles se sont formées, que celles d'SO^4Am^2 : celles-ci atteignent donc le fond les premières, et si la colonne est assez haute, la bouillie assez fluide, la plus grande partie du sulfate solide formé peut être recueillie, avec très peu de carbonate.

Je citerai l'essai de laboratoire suivant, facilement transposable dans la pratique, même sous forme d'un procédé continu.

Un litre de solution de sulfate d'ammoniaque saturée à 20°, contenant 440g d'SO^4Am^2 par litre, est additionné de 40g d'eau, correspondant à l'eau emportée par les boues et le sulfate moins celle apportée par le gypse, puis de 52g par litre d'ammoniaque anhydre, puis, par agitation, de 67g de CO^2. Ces données correspondent à la formation de 200g de sulfate d'ammoniaque par litre, qui pourrait être largement dépassée. En maintenant la température de 40°, qui convient pour la réaction, il précipite environ 60g de sulfate d'ammoniaque, qui peut être recueilli pour constituer un sulfate de choix après son lavage par une solution concentrée de sulfate d'ammoniaque enlevant l'ammoniaque libre; mais la séparation ultérieure du carbonate de chaux est

si facile qu'on peut se dispenser de cette récolte, qui complique et ralentit la fabrication. On ajoute alors au liquide maintenu à 40° le gypse (passé au tamis de 150), à la dose de 260^g par litre, et l'on agite continuellement pour favoriser la réaction. Lorsque 90 % du CO^3Am^2 sont absorbés, soit après moins d'une heure, le liquide est versé dans une éprouvette graduée de un litre, dont la hauteur est d'environ 40^{cm}. Après 3 minutes, on recueille le dépôt solide qui s'est fait au fond de l'éprouvette. Ce dépôt, dont le poids, sec, est de l'ordre de 100^g, contient plus de 80 % de sulfate d'ammoniaque. Si la colonne liquide était plus haute et le moment mieux choisi, la séparation serait encore meilleure.

En tenant compte du précipité d'SO^4Am^2 précédent, supposé ici recueilli à part, ce sont donc les 3/4 du sulfate formé qu'on obtient sous forme pure ou à 90 %.

Étant donnée l'inutilité de recueillir à part la fraction du sulfate précipitée par l'ammoniaque, il peut être préférable, surtout si l'on dispose de CO^2 pur, comme c'est le cas dans les usines de synthèse tirant leur hydrogène de la conversion du gaz d'eau, d'ajouter le gypse après NH^3 et de faire agir ensuite CO^2.

On remarquera qu'outre sa simplicité, ce mode opératoire permettra l'utilisation immédiate des appareils d'absorption et de réaction des usines existantes avec, comme conséquence de la suppression des évaporations et des lavages, le bénéfice probable d'une forte augmentation de production : il suffira d'y remplacer par des solutions saturées d'SO^4Am^2 les solutions étendues qu'on y traite actuellement, pour obtenir immédiatement le sulfate solide, facile à purifier au besoin à l'aide de la solution saturée d'SO^4Am^2 sortant de la filtration.

On pourra donc réaliser très vite une transformation dont on pensera sans doute qu'elle sera précieuse dans les circonstances actuelles, puisque, capable d'intensifier de suite une fabrication essentielle et qui n'emploie que des produits nationaux, elle supprimera en outre toute dépense de charbon. Celle-ci étant actuellement de 300^{kg} par tonne de sulfate, on voit que, pour les 150000 tonnes annuelles de SO^4Am^2 par le gypse à quoi on veut pousser la production, cela pourra représenter 40000 tonnes d'économie de charbon par an.

Je dois dire maintenant qu'au sortir de ces travaux, dont d'autres réactions pourraient sans doute bénéficier, j'ai partagé le sort que connaissent fréquemment ceux qui, préférant avancer sans contrainte dans la question qu'ils étudient, écartent de parti-pris la documentation, quitte à apprendre, après le succès, qu'on les a devancés.

Il y a effectivement vingt ans que notre Confrère Matignon a consacré à la réaction du gypse, avec M. Fréjacques, des efforts importants, et qu'ils ont précisément trouvé que l'action du gypse sur CO^3Am^2 peut être dirigée pour obtenir la plus grande partie du sulfate sous la forme solide.

Mon travail aura-t-il donc été inutile, ce qui signifierait peut-être que ma méthode de travail est mauvaise? Non, sans doute, puisque les résultats de Matignon et Fréjacques continueraient sans cela, enfouis dans le fatras de la littérature, leur sommeil de vingt ans

Or, si je m'étais documenté, j'aurais nécessairement connu ce travail, et, devant la qualité et la conscience de ses auteurs, je me serais abstenu. C'est donc parce que mon ignorance m'a permis de reprendre la question et de me rendre compte du *trou* qui subsistait après l'obtention du mélange de carbonate et de sulfate, que j'ai pu donner le modeste coup de pouce qui permettra d'utiliser leur découverte.

Cela justifiera sans doute une fois de plus mon avis, tout personnel, qu'il vaut mieux s'engager dans une question nouvelle avec son originalité propre, sans s'inquiéter ni des échecs, ni des succès d'autrui, donc avec toute la liberté de ses idées, sous la seule impulsion de ses inspirations et du bon sens, sans se sentir paralysé ou bridé à chaque pas par des idées ou par des faits fort souvent faux ou contestables. Que si, après le succès, on a le désagrément d'apprendre qu'on a été devancé, il y a bien des chances pour que, dans l'infinie diversité des propriétés de la matière, on ait fait autre chose, ou mieux, ou plus complet, et qu'ainsi il restera de votre effort quelque chose d'utile, si tant est, hélas ! que les œuvres de l'induction de la Science soient invariablement bienfaisantes....

Ce qui est sûr, en tout cas, c'est que c'est à cette méthode-là que j'ai dû mes meilleures réussites : si j'avais connu les travaux d'un savant éminent concluant à l'impossibilité de faire fonctionner une machine de détente aux basses températures, si j'avais cru Dewar affirmant que, quand l'air se liquéfie, ses deux éléments se condensent simultanément, si j'avais cru ou connu tous ceux qui niaient la possibilité industrielle des très hautes pressions, je mesurerais encore des isolements sur les voies de tramways.

Cela ne signifie pas, bien entendu, que la documentation soit une mauvaise méthode pour tous; elle permet certainement à d'autres, différemment doués, d'avancer avec plus de certitude; mais, dans les multiples directions où peut souffler l'esprit, à chacun suivant son tempérament....

Ceci dit, je dois reconnaître que, quant à la Sologne, mes ambitions ont une fois de plus été déçues; même dans ces conditions nouvelles, le handicap des transports à grande distance est si lourd que l'on n'arrive encore qu'à la limite des choses possibles. Mais un de mes collaborateurs a été plus heureux; je pense présenter prochainement son travail, qui donnera peut-être la solution de ce problème : le carbonate de chaux des boues calcaires ammoniacales, gratuit pour la Sologne.

ÉLECTIONS.

Par l'unanimité des suffrages M. **Paul Lebeau** est réélu membre de la *Commission de contrôle de la Circulation monétaire*.

CORRESPONDANCE.

M. **Raymond Hocart** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution au moyen de fonctions holomorphes de certaines équations intégro-différentielles.* Note [1] de M. MARCEL GODEFROY, transmise par M. Henri Villat.

Définissons une métrique $M_l(l \leqq 1)$ en appelant norme d'une fonction $f(\lambda) = \Sigma a_n \lambda^n$ holomorphe à l'intérieur du cercle unité l'expression $\|f(\lambda)\| = \Sigma |a_n| l^n$. La distance de deux fonctions sera la norme de leur différence, et cette distance sera soumise à l'inégalité du triangle, la relation $\|f_1 - f_2\| = 0$ étant équivalente à $f_1 = f_2$. Je démontre que la norme d'une somme (ou d'un produit) de fonctions holomorphes en nombre fini est au plus égale à la somme (ou au produit) des normes dans la même métrique. J'en déduis les théorèmes suivants.

1. Soit $u_n(\lambda)$ une suite de fonctions normées dans M_l. Si la série de terme général $\|u_n\|$ est convergente, la série $S(\lambda) = \Sigma u_n(\lambda)$ converge sur un cercle de centre O et de rayon l, et elle admet dans M_l une norme au plus égale à $\Sigma \|u_n\|$.

2. L'ensemble des fonctions $f(\lambda)$ holomorphes à l'intérieur du cercle unité et soumises à l'un des systèmes de conditions

$$|a_n| \leqq G \qquad \text{ou} \qquad \Sigma |a_n| \leqq G$$

est complet en soi dans toute métrique M_l.

3. Si une fonction $f(\lambda)$ holomorphe à l'intérieur du cercle unité possède une norme $d \leqq 1/l$ dans une métrique M_l et vérifie un système de conditions

$$|a_n| R^n \leqq G$$

avec $l < R \leqq 1$, la dérivée de cette fonction a pour norme dans M_l un nombre inférieur à $kd|\operatorname{Log} d|$, k dépendant seulement de G, R, l.

4. Soient $f(\lambda, \mu)$ une fonction holomorphe pour $|\lambda|$ et $|\mu| < 1$ et d la norme de $f(\lambda\lambda)$ dans M_l avec $|\mu_1|$ et $|\mu_2| < l < 1$. La fonction $F(\lambda)$, définie par la relation

$$F(\lambda) = \int_\Gamma \frac{f(\lambda\mu)\sqrt{-(\mu-\mu_1)(\mu-\mu_2)}}{\lambda - \mu} d\mu$$

---

[1] Séance du 1er septembre 1941.

[l'intégration étant effectuée sur un cercle Γ de centre O et de rayon R parcouru dans le sens direct tel que $|\mu_1|$, $|\mu_2|$ et $|\lambda| < R < 1$], est holomorphe à l'intérieur du cercle unité et possède dans M_l une norme inférieure à kd, k dépendant seulement de l, $|\mu_1|$ et $|\mu_2|$.

Me proposant de reconnaître si l'équation intégro-différentielle qui définit le mouvement des lignes de discontinuité de vitesse dans un fluide parfait incompressible admet plus d'une solution holomorphe sur le cercle unité, je déduis des théorèmes précédents que, si la distance dans M_l de deux fonctions $\zeta_1(\lambda)$ et $\zeta_2(\lambda)$ bornées par un nombre B sur le cercle unité et soumises à des conditions

$$|\zeta_1(\lambda) - \zeta_1(\mu)| \geqq A|\lambda - \mu|, \qquad |\zeta_2(\lambda) - \zeta_2(\mu)| \geqq A|\lambda - \mu|,$$

est inférieure à $d < 1/l$, la distance entre $\delta_1(\lambda)$ et $\delta_2(\lambda)$, définies par

$$\delta_\varepsilon(\lambda) = \frac{1}{2\pi i}\int_\Gamma \frac{H(\lambda')\sqrt{-(\lambda' - \lambda_1)(\lambda' - \lambda_2)}}{\zeta_\varepsilon(\lambda) - \zeta_\varepsilon(\lambda')}\,d\lambda' \qquad (\varepsilon = 1, 2),$$

est inférieure à $kd|\log d|$, k dépendant seulement de l, A, B. Utilisant alors un théorème général sur l'unicité de la solution de certains problèmes d'intégration, je justifie l'énoncé suivant :

Soient $H(\lambda)$ et $\zeta(\lambda)$ deux fonctions holomorphes à l'intérieur du cercle unité et λ_1, λ_2 deux nombres réels inférieurs à l'unité en module. On suppose que $\zeta(\lambda)$ est bornée en module et ne prend pas plus d'une fois chacune de ses valeurs. On considère l'équation intégro-différentielle

$$\left[\frac{\partial}{\partial t}\zeta(\lambda t)\right]^* = \frac{1}{4\pi i}\int_\Gamma \frac{H(\lambda')\sqrt{-(\lambda' - \lambda_1)(\lambda' - \lambda_2)}}{\zeta(\lambda, t) - \zeta(\lambda', t)}\,d\lambda'.$$

Il n'existe pas plus d'une fonction $\zeta(\lambda, t)$ satisfaisant aux conditions suivantes :

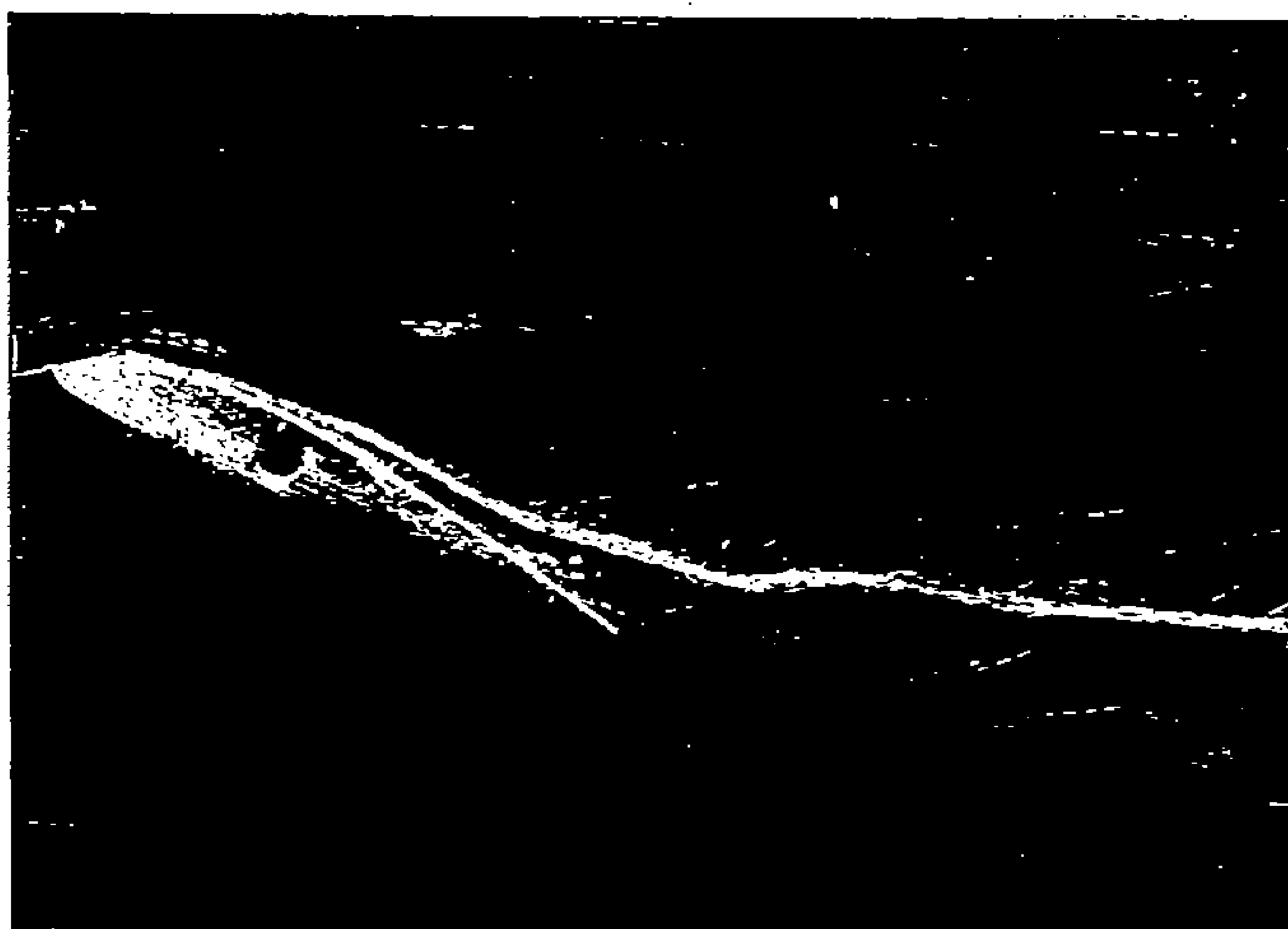
1° C'est une solution de l'équation intégro-différentielle.

2° Elle est holomorphe en λ ainsi que sa dérivée par rapport à t si λ est intérieur au cercle unité et si t appartient à un intervalle t_0, t_1 convenablement délimité.

3° Elle est bornée en module et ne prend pas plus d'une fois chacune de ses valeurs pour t fixe.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude expérimentale des tourbillons marginaux d'une aile sustentatrice à bouts rectangulaires.* Note (¹) de M. **Charles Chartier**, transmise par M. Henri Villat.

L'étude a été faite au tunnel hydrodynamique par chronophotogrammétrie stéréoscopique à l'aide de particules d'aluminium. L'axe du tourbillon était rendu visible par des bulles d'air (voir la figure). Les



Tourbillon marginal d'une aile sustentatrice à bout rectangulaire.
$i = 24°$. $R = 240000$. $\lambda = 2,5$.

restitutions cotées de l'axe et des portions de ligne de courant décrites par les particules étaient faites dans l'espace au stéréotopographe S.-O.-M. Poivilliers.

Caractères généraux du décollement des tourbillons. — 1° Pour des incidences de l'aile supérieures à l'incidence de portance nulle, l'axe du tourbillon décolle sur l'aile du côté de l'extrados et le point de décollement se rapproche du bord d'attaque avec l'incidence croissante. Le fluide s'écoule de l'extrémité de l'aile vers l'extrados, et le sens de l'enroulement des lignes hélicoïdales du tourbillon est dirigé vers la gauche d'un observateur regardant dans le sens de l'écoulement général.

(¹) Séance du 1er septembre 1941.

2° Pour des incidences inférieures à l'incidence de portance nulle, l'axe du tourbillon part de l'aile du côté de l'intrados, et le point de décollement se rapproche très vite du bord d'attaque avec l'incidence croissante. Le fluide s'écoule du bord de l'aile vers l'intrados. Le sens de l'enroulement est de sens contraire au précédent.

3° Dans le cas de l'incidence de portance nulle, le tourbillon disparaît.

Exemple. — Coordonnées (²) du point de décollement de l'axe du tourbillon marginal d'une aile P.Z.L.D.J.3, corde $a = 12^{cm}$. Nombre de Reynolds $\mathcal{R}$, 240000. Allongement λ, 2,5.

Incidence de l'aile (en degrés).	x (en cordes).	z (en cordes).	y (en cordes).
−13	0,06	Intrados 0,0083	0,146
− 2	0,70	Extrados 0,0575	
+ 7	0,34	– 0,048	0,121
+13	0,26	– 0,032	0,083
+24	0,15	– 0,008	0,076

Détermination des axes des tourbillons. — 1° A une incidence donnée de l'aile, l'axe du tourbillon s'incline en quittant l'aile vers les Z décroissants (³), si l'incidence est supérieure à l'incidence de portance nulle; il s'incline vers les Z croissants, si l'incidence est inférieure à l'incidence de portance nulle.

2° Pour des incidences croissantes de l'aile, supérieures à l'incidence de portance nulle, l'inclinaison de l'axe dans le plan des XZ augmente dans le sens des Z décroissants; elle augmente au contraire dans le sens des Z croissants pour des incidences décroissantes inférieures à l'incidence de portance nulle.

3° Dans le plan des XY, l'axe rejoint rapidement le plan de bout de l'aile à une corde en moyenne à l'aval du bord de fuite.

Exemple. — Aile P.Z.L.D.J.3, $i = +7°$, $a = 94^{mm}$, $\mathcal{R} = 240000$, $\lambda = 2{,}5$.

X^{mm}..	32	40	45	60	65	77,5	90	101	117	133	157
Z ..	4,5	4	3	0	−1,5	−3,5	−6,5	−8,5	−10,5	−11,5	−12
Y ..	–	–	11,4	11,4	11,4	9	7,5	5,6	3,6	0,5	−1

(²) Le plan xoz est le plan du bout d'aile; ox, corde du profil; oz, perpendiculaire à ox par le bord d'attaque dirigé vers le haut de l'écoulement (côté extrados); oy, axe du bord d'attaque.

(³) XOZ, plan du bout d'aile. OX, sens du courant. OZ, perpendiculaire à OX par le bord d'attaque et dirigé vers le haut de l'écoulement (côté extrados). OY, axe du bord d'attaque.

Diamètres et inclinaisons des filets hélicoïdaux du tourbillon. — 1° Les tourbillons ne prennent, pour une incidence donnée de l'aile, l'apparence d'hélices régulières qu'à une certaine distance à l'aval de l'aile, à environ une corde à partir du bord de fuite. Pendant ce trajet, le diamètre total D du tourbillon croît, puis prend une valeur sensiblement constante qu'il conserve dans toute la zone que nous avons explorée (10 cordes); de même la pente $\operatorname{tg}\alpha$ des hélices augmente avant de prendre une valeur constante.

2° Pour des incidences croissantes de l'aile inférieures à l'incidence de portance nulle, la valeur limite du diamètre total D du tourbillon diminue jusqu'à s'annuler pour l'incidence de portance nulle; quant à la pente $\operatorname{tg}\alpha$ (pas à droite) de familles d'hélices comparables (de même diamètre d) dans les différents écoulements, la valeur limite augmente jusqu'à l'infini. Pour des incidences croissantes supérieures à l'incidence de portance nulle, D augmente, tandis que $\operatorname{tg}\alpha$ change de signe (pas à gauche) et diminue.

Exemple. — Aile P.Z.L. D.J.3, $i = 24°$, $a = 94^{mm}$, $\mathcal{R} = 240\,000$, $\lambda = 2{,}5$.

X corde..	1.	$1\frac{1}{3}$.	$1\frac{1}{2}$.	2.	$2\frac{1}{4}$.	$3\frac{1}{3}$.	4.	5.	$5\frac{1}{2}$.	$6\frac{1}{2}$.	$7\frac{1}{2}$.	$8\frac{1}{2}$.
D^{mm}.....	36	40	44	50	53	55	55	55	55	55	55	55
d^{mm}.....	–	–	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24
$\alpha°$.......	–	–	54	55	56	56	56	56	56	56	56	56

Pas des filets hélicoïdaux du tourbillon. — 1° Pour une incidence donnée, le pas d'une même famille d'hélices croît légèrement à l'aval de l'aile avant de prendre une valeur constante à une corde environ du bord de fuite.

2° Pour des incidences croissantes de l'aile, inférieures à l'incidence de portance nulle, le pas est à droite et augmente jusqu'à l'infini pour l'incidence de portance nulle; il est à gauche et diminue avec l'incidence pour des valeurs comprises entre l'incidence de portance nulle et l'incidence de portance maximum où il passe par un minimum; il augmente ensuite.

Exemple. — [1] Aile P. Z. L. D. J. 3, $a = 12^{cm}$, $\mathcal{R} = 240\,000$, $\lambda = 2{,}5$.

Incidence $i°$..........	−13	−3,3	+7	+13	+24
Pas h en m...........	0,530	∞	0,243	0,209	0,138

---

[1] Les pas mesurés correspondent à des familles d'hélices comparables situées à 1/10ᵉ de corde de l'axe des tourbillons et à une distance à l'aval de l'aile de 1 corde où le pas devient constant.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur une méthode de prolongement analytique applicable à divers problèmes d'hydro- et d'aérodynamique.* Note (¹) de M. **Henri Poncin**, transmise par M. Henri Villat.

Des recherches relatives à certaines questions d'hydro- et d'aérodynamique tels que l'étude des phénomènes de déversement et l'étude des cavitations nous ont conduit à poser le problème suivant :

« Soit D un domaine plan à connexion simple ou multiple. Soient d'autre part trois ensembles ponctuels (M) (P) (Q) : M définissant dans l'espace cartésien l'ensemble frontière E de (D). P définissant dans un espace fonctionnel deux fonctions harmoniques conjuguées f et g. Q définissant dans un espace fonctionnel les dérivées du premier ordre des fonctions f et g. On suppose l'existence d'un système de n relations $C_i(M/P/Q)$ entre les points associés des ensembles (M)(P) et (Q). Étudier, dans ces conditions, les fonctions f et les champs vectoriels associés $\vec{w} = \mathrm{grad} f$, dans leur dépendance à l'égard de l'ensemble E d'une part, de la forme des C_i d'autre part. »

Décomposons les n relations C_i en deux groupes contenant respectivement p et q relations, choisies de façon telle que les problèmes aux limites correspondant aux p relations du premier groupe d'une part, aux q relations du second groupe ou aux $(n - q)$ relations complémentaires d'autre part, constituent deux problèmes P_1 et P_2 *bien posés*, au sens de la théorie des équations aux dérivées partielles à caractéristiques imaginaires. En écrivant la coïncidence des solutions des deux problèmes P_1 et P_2 on obtient un système d'équations intégro-différentielles permettant l'étude de la fonction f et des constituants inconnus de l'ensemble E; mais pour déterminer explicitement les caractéristiques numériques du champ w, il est plus simple d'adopter la méthode suivante :

On décomposera l'ensemble E en sous-ensembles continus $E_1, E_2, \ldots, E_k$ de façon telle que la connaissance d'un des constituants de E (que nous appellerons constituant fondamental E_f) jointe à celle d'un certain nombre de conditions C_i, que nous appellerons conditions fondamentales, détermine un problème aux limites permettant de définir sans ambiguïté la fonction f [au moins dans le domaine de chaque point du constituant

(¹) Séance du 1er septembre 1941.

fondamental E_f]. En considérant dans l'espace cartésien (z) la symétrie analytique de base E_f, on peut déterminer une fonction $\zeta(z)$, comme définissant l'affixe du transformé de z. Un processus analogue permet de définir dans les espaces fonctionnels (P) et (Q) les deux fonctions $\Phi(F)$ et $\Phi'(F)$ associées au potentiel complexe F.

En tout point fondamental, les fonctions ainsi définies satisfont aux relations

$$(1) \qquad \zeta = \bar{z}, \qquad \Phi = \bar{F}, \qquad \Phi' = \bar{F}', \qquad F' = \frac{dF}{dz}$$

et les relations C_i sont en chacun de ces points équivalentes à des relations différentielles de la forme

$$(2) \qquad \begin{cases} \dfrac{dF}{dz} = C_i(z, F, \Phi), \\ \dfrac{d\Phi}{dz} = D_i(z, F, \Phi). \end{cases}$$

De ce résultat local on déduit, par prolongement analytique, un résultat valable dans un domaine D' d'étendue finie associé au constituant fondamental E_f. A ce constituant, se trouve ainsi attachée une surface de Riemann (E/C_i), dont les points remarquables peuvent être classés en trois groupes :

S_1 dépendant de E et non des C_i (points singuliers liés à E_f et en général transcendants);

S_2 dépendant à la fois des E et des C_i (points de croisement);

S_3 définissant les points singuliers des lignes de flux de champ w.

Les questions relatives à la détermination de f et à la stabilité des solutions suivant la forme des C_i sont ainsi ramenées à l'étude des fonctions uniformes sur Σ, où les zones d'instabilité sont mises nettement en évidence.

Le champ vectoriel $\vec{w}$ peut être déterminé graphiquement, sans aucune intégration préalable, par utilisation directe des équations du système (2) prolongé sur l'un des feuillets de Σ, et les conditions C_i secondaires déterminent les constituants secondaires de l'ensemble E.

Cette étude très générale permet de condenser en une théorie unique les problèmes physiques, en apparence très différents, dont il a été question au début de cette Note.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Solution graphique de l'équation de Képler.* Note (¹) de M. **Pierre Humbert**, transmise par M. Henri Villat.

Soient O et F le centre et l'un des foyers d'une ellipse, de demi-axe a et d'excentricité e, K un point de son cercle principal. Menons par O la demi-droite parallèle à FK, et soit L son point de rencontre avec le cercle principal : les triangles OLF et OLK sont équivalents. Si nous désignons par M l'angle FOK et par u l'angle FOL, l'aire du triangle OLF est $1/2\, a^2 e \sin u$. Quant à l'aire du triangle OLK, confondons-la avec l'aire du secteur circulaire OLK, qui est $1/2\, a^2(u - \mathrm{M})$: on aura alors, *approximativement*,

$$u - \mathrm{M} = e \sin u.$$

Le point L du cercle principal donne donc une *valeur approchée* de la solution de l'équation de Képler. D'où une méthode qui paraît nouvelle; pour obtenir rapidement une telle valeur approchée, le mieux sera d'utiliser un rapporteur : on marquera sur sa base le point F, déterminé par la valeur naturelle de e en prenant pour unité le rayon du rapporteur, on repérera sur le limbe le point K correspondant à la valeur de M, en degrés. Puis, au moyen de deux équerres, on tirera, sans avoir besoin de la tracer au crayon, la parallèle à FK passant par O, et on lira sur le limbe la valeur approchée de u. La construction est d'une extrême simplicité, et le matériel, rapporteur, équerres, kutsch, est à la portée de tous : on n'a pas à se servir de tables de sinus ou de logarithmes, comme dans la plupart des méthodes classiques.

Quant à la précision du procédé, on remarquera qu'il revient à confondre $\sin(u - \mathrm{M})$ avec $u - \mathrm{M}$, et suppose donc e petit, ce qui est le cas normal. Par exemple, pour $e = 0{,}2$, il donne, pour $\mathrm{M} = 35^\circ$, $u = 42^\circ{,}5$ et pour $\mathrm{M} = 40^\circ$, $u = 48^\circ{,}5$: les valeurs exactes de u, d'après les tables de Subbotin, étant $42^\circ{,}7$ et $48^\circ{,}6$. L'approximation est donc très satisfaisante.

Notons enfin que, si l'on marque sur un graphique les points O, F et L, une construction élémentaire bien connue permettra de déterminer le point de l'ellipse correspondant à L : on se rendra compte ainsi, d'une façon approchée, du point de son orbite où se trouve la planète au temps donné, et l'on en pourra tirer des valeurs approximatives du rayon vecteur et de l'anomalie vraie.

(¹) Séance du 1er septembre 1941.

ÉLECTRICITÉ. — *Nouvelles expériences sur les semiconducteurs et sur leur rôle en électrophysiologie.* Note de M. **Jean Reboul**, présentée par M. A. Cotton.

M. G. Déchêne a réalisé des expériences sur la distribution des potentiels entre deux électrodes placées dans un semiconducteur et étudié les lois d'établissement des courants correspondants. L'analogie présentée par ces phénomènes avec ceux de l'électrophysiologie m'a mené à étudier les répartitions des potentiels et le régime d'établissement des courants dans des systèmes composés de deux ou plus de deux semiconducteurs au contact. Les expériences ont été réalisées avec des feuilles minces de cellulose comprimées entre deux lames d'ébonite, les contacts étant assurés par des fils minces de cuivre placés sur une des feuilles. Une d. d. p. V_0 est établie entre deux des électrodes A et B, et l'on mesure les potentiels sur les autres électrodes; on est ainsi amené à envisager la distribution des potentiels entre A et B, et la distribution à l'extérieur de A et de B. Les mesures ont été faites en régime permanent avec un voltmètre électrostatique et en régime variable avec un oscillographe cathodique.

I. *Régime permanent. Distribution des potentiels.* — La distribution des potentiels entre les électrodes a été trouvée analogue à celle déjà établie par Déchêne. J'ai surtout étudié la distribution des potentiels en dehors des électrodes; la théorie effectuée en assimilant le contact à un système capacité-résistance montre que la répartition des potentiels est exponentielle, le potentiel en un point d'abscisse x est

$$(1) \qquad v_1 = -\frac{v_0}{2}\,\frac{e^{-\frac{x}{L}}}{1+\frac{l}{L}\,\frac{\lambda_1^2}{\lambda_2^2}\,e^{\frac{l}{L}}\,\frac{1}{\operatorname{sh}\frac{l}{L}}} - \frac{v_0}{2}\,\frac{1}{1+\frac{L}{l}\,\frac{\lambda_2^2}{\lambda_1^2}\,e^{-\frac{l}{L}}\operatorname{sh}\frac{l}{L}},$$

où l'on a posé

$$\lambda_1^2 = \frac{\rho}{r_1}, \qquad \lambda_2^2 = \frac{\rho}{r_2}, \qquad \frac{1}{L^2} = \frac{1}{\lambda_1^2} + \frac{1}{\lambda_2^2},$$

l, distance entre les deux électrodes A et B; r_1, r_2, résistances des couches semiconductrices par unité de longueur; ρ, résistance de contact par unité de longueur. L'expérience vérifie que l'on obtient une distribution des potentiels exponentielle; mais souvent la courbe de distribution est plus complexe, et se décompose en une somme de deux exponentielles. Si l'on

fait l'étude de la répartition des potentiels sur une seule feuille semiconductrice, on constate que le potentiel décroît exponentiellement jusqu'à une distance de 5^{mm} à 6^{mm} de l'électrode d'amenée du courant pour devenir nul ensuite; il apparaît donc que la courbe complexe obtenue avec un système de deux ou plusieurs semiconducteurs au contact est due à une influence perturbatrice (contact de l'électrode cuivre avec le semiconducteur) qui ne s'étend pas plus loin que 5^{mm} à 6^{mm}; la distribution se fait ensuite suivant une exponentielle régulière, les potentiels atteignant une valeur limite à plusieurs centimètres de l'électrode (15^{cm} à 20^{cm}), valeur qui est donnée par la formule (1) et peut être assez élevée. J'ai étudié expérimentalement l'influence de la distance interélectrodique l sur le potentiel mesuré en un point d'abscisse x et l'influence du potentiel appliqué entre les électrodes A et B. Les constantes intervenant dans (1) sont reliées aux dimensions des semiconducteurs par les formules

$$\frac{1}{\lambda_1^2} = \frac{2b}{a^2 - b^2}\frac{\rho_1}{\sigma}, \qquad \frac{1}{\lambda_2^2} = \frac{2}{b}\frac{\rho_2}{\sigma}.$$

dans le cas de deux semiconducteurs cylindriques coaxiaux; a, diamètre extérieur; b, diamètre du semiconducteur intérieur; ρ_1 et ρ_2, résistivités; σ, résistance de contact par unité de surface. Dans le cas de semiconducteurs plans, on a

$$r_1 = \frac{\rho_1}{\varepsilon_1 d}, \qquad r_2 = \frac{\rho_2}{\varepsilon_2 d}.$$

ρ_1, ρ_2, résistivités des couches 1 et 2; ε_1, ε_2, épaisseurs; d, largeur commune.

L'expérience fournit un bon accord avec la théorie. On a pu montrer l'existence de phénomènes analogues dans le cas du courant alternatif et en réaliser la théorie.

II. *Régime variable.* — En étudiant les systèmes précédents en régime variable à l'oscillographe cathodique, j'ai constaté à la fermeture du courant la production d'une réponse que l'on peut enregistrer à plus de 10^{cm} du point d'application du courant; cette réponse a une forme analogue à celle constatée pour les courants d'action étudiés en physiologie; elle correspond à la propagation d'une onde de perturbation électrique dont j'ai mesuré la vitesse qui varie entre 1 et 5 m:s, suivant l'épaisseur des semiconducteurs. La réponse croît quand le potentiel appliqué croît, mais atteint une limite qu'elle ne peut dépasser, quel que soit le potentiel. La réponse diminue avec la distance à l'électrode excitatrice, elle est très faible à des distances dépassant 15 à 20^{cm}. Son amplitude est plus grande

du côté de la cathode que du côté de l'anode; elle atteint plusieurs dizaines de millivolts. Si deux excitations identiques se suivent de près, la réponse à la deuxième est plus faible; la perturbation produite persiste un certain temps après l'ouverture du courant.

Ces phénomènes présentent de profondes analogies avec ceux constatés en physiologie, et suggèrent une interprétation physique plus serrée des résultats de l'électrophysiologie, en assimilant fibres nerveuses ou musculaires à des systèmes de semiconducteurs.

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Irrégularités de fonctionnement de certaines cellules photoélectriques à vide.* Note de M. **Démètre Cavassilas**, transmise par M. Charles Fabry.

Les cellules *à vide* étudiées, *au césium sur argent oxydé*, se rattachent au type « à anode centrale », pour lequel la courbe courant-tension présente l'aspect général bien connu, conforme aux prévisions théoriques de Ives et Fry [1]. La fréquence du rayonnement excitateur influe notablement sur la forme et l'étendue de la portion ascendante de la courbe, la tension de saturation augmentant à mesure que la longueur d'onde diminue [Ives, Déjardin [2]].

Ayant relevé les caractéristiques d'un grand nombre de cellules de cette catégorie, *provenant de fabrications différentes*, j'ai constaté que, pour la plupart d'entre elles, la courbe courant-tension ne présente aucune déformation locale ou singularité appréciable, en dehors de l'absence de saturation rigoureuse attribuable à diverses causes (isolement imparfait, résidu gazeux etc.). Cependant des irrégularités remarquables ont été mises en évidence sur certaines cellules, qui ont été soumises alors à un examen approfondi.

Dans un domaine de tensions assez étendu (par exemple, de 40 à 60 volts), le fonctionnement de ces cellules anormales est extrêment instable : le courant débité sous l'influence d'un éclairement constant, pour une tension déterminée, varie d'une mesure à l'autre ou au cours d'une même mesure. Je suis parvenu à obtenir des phénomènes susceptibles d'être reproduits en faisant varier la tension d'une manière *continue*, à l'aide d'un potentiomètre

(1) *Astrophys. Journ.*, 66, 1922, pp. 1-15.

(2) *Rev. Gén. de l'Électricité*, 34, 1933, pp. 515-526.

à contact glissant. Dans ces conditions, et pour des valeurs croissantes de la tension V, le courant i demeure bien défini et augmente régulièrement jusqu'à ce qu'il atteigne l'intensité i_1 correspondant à $V = V_1$, dans une région où la saturation est déjà à peu près réalisée. Au delà de cette limite ($V > V_1$), le régime devient instable. On porte alors la tension à une valeur suffisamment élevée (par exemple 130 volts), à partir de laquelle on observe les variations du courant à tension décroissante. Le courant décroît très légèrement (saturation non rigoureuse), mais reste bien déterminé jusqu'à ce qu'il atteigne l'intensité i_2 ($i_2 > i_1$) correspondant à la tension V_2 au-dessous de laquelle le régime devient encore instable. Le tracé de la courbe (i, V) fait donc apparaître deux zones de stabilité correspondant aux tensions faibles (le courant augmentant assez rapidement avec la tension) et aux tensions relativement élevées (saturation plus ou moins parfaite). En général, V_1 dépasse V_2 de 5 à 15 volts. Il existe donc, entre les deux zones précédentes, un intervalle de tensions pour lesquelles le courant peut prendre *deux* valeurs relativement stables voisines de i_1 et de i_2. Les limites V_1 et V_2 varient légèrement d'une expérience à l'autre, mais la moyenne $U = 1/2(V_1 + V_2)$, et la variation relative $\alpha = (i_2 - t_1)/i_1$ conservent très sensiblement les mêmes valeurs pour une cellule déterminée, quel que soit l'éclairement de la surface cathodique.

Les phénomènes peuvent être observés en lumière blanche (lampe à incandescence) ou monochromatique. Dans le second cas, on constate que U ne dépend pas de la longueur d'onde, mais que, par contre, α varie considérablement avec la fréquence du rayonnement excitateur. J'ai pu construire, pour chaque cellule, la courbe représentant les variations spectrales de α dans l'intervalle 500-12000 Å. Il s'agit d'une courbe *en cloche*, variable d'une cellule à l'autre, mais dont le maximum α_m (compris entre 0,1 et 0,7) apparaît toujours vers 6000 Å, c'est-à-dire pour une longueur d'onde λ'_m très inférieure à celle du maximum de l'émission photoélectrique monochromatique (λ_m, voisin de 8000 Å), et un peu au delà du minimum de l'émission (vers 5200 Å). Le rapport α devient de plus en plus faible et tend pratiquement vers zéro à mesure que l'on se rapproche du seuil photoélectrique λ_0 (entre 11500 et 12000 Å).

Dans le tableau ci-après ont été rassemblées les valeurs caractéristiques de quatre cellules anormales de provenances et de structures différentes.

Cellule.	N°.	λ_0.	λ_m.	λ'_m.	α_m.	Lumière blanche (temp. de couleur 2900° K.). U.	α.
Philips 3512,	1.	12000 Å	8500 Å	5800 Å	0,73	65 V	0,15
»	3.	11500	8250	6200	0,26	80	0,10
Fotos TCV3,	210.	12000	8000	6000	0,49	40	0,18
C. N. R. S.	246.	11500	7250	6250	0,16	50	0,11

Cellules Philips. Ampoule sphérique; dépôt cathodique formé sur la paroi interne de l'ampoule; isolement médiocre (courant d'obscurité proportionnel à la tension appliquée); saturation assez correcte.

Cellules Fotos et C. N. R. S. Ampoule tubulaire; plaque cathodique cylindrique; tige anodique axiale; isolement et saturation corrects.

Des expériences analogues ont été effectuées en plaçant la cellule dans un champ magnétique dirigé approximativement de la cathode vers l'anode. Les irrégularités observées en l'absence de champ magnétique sont alors *supprimées* ou *plus ou moins atténuées*. Dans certains cas, la discontinuité qui caractérise la région intermédiaire, dans l'échelle des tensions, fait place à un accroissement rapide du courant, à partir d'un potentiel voisin de U.

Les anomalies précédemment décrites doivent sans doute être attribuées, tout au moins partiellement, à l'accumulation de charges négatives sur la paroi interne (cellules à plaque cathodique indépendante) ou sur la fenêtre de l'ampoule (cellules Philips). Il serait intéressant d'examiner l'influence de telles charges sur les trajectoires des photoélectrons, et de tenter d'expliquer ainsi les principaux phénomènes observés (discontinuité du courant et effet spectral relatif au rapport α).

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Nouvelles expériences sur la création par le rayonnement cosmique de corpuscules pénétrants de grande divergence* (¹). Note (²) de M. **Jean Daudin**, présentée par M. Charles Maurain.

Les coïncidences entre compteurs logés dans le plomb peuvent *a priori* être attribuées à trois causes, classées suivant l'ordre décroissant des énergies mises en jeu et par conséquent suivant une vraisemblance croissante :

(¹) Voir P. Auger et J. Daudin, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 24.

(²) Séance du 25 août 1941.

1° des corpuscules parallèles pénétrants accompagnés de secondaires ou pinceaux gerbigènes pénétrants observés dans les grandes gerbes;

2° des corpuscules pénétrants sans secondaires, tels que des mésons, créés dans des grandes gerbes de l'air et associés à elles;

3° la projection dans le plomb de corpuscules de grande divergence.

Trois séries d'expériences nouvelles appuient le choix fait entre ces hypothèses.

A. *Influence de la cloison* (*montages analogues aux montages de la Note précédente*). — La courbe a été établie de 0,2 à 10^{cm} de plomb; l'absorption est d'abord très rapide, puis beaucoup plus lente et se montre, comme nous l'avons dit, incompatible avec l'hypothèse 2; elle montre également l'hétérogénéité du rayonnement secondaire divergent.

Dans l'hypothèse 1, un pinceau gerbigène sortant dans une cavité est accompagné d'un tel nombre de secondaires que le compteur est sûrement touché. Le nombre des coïncidences serait donc proportionnel à la surface des cavités.

Nous avons dissocié la cloison de 5^{cm} en deux cloisons de 2 et de 3^{cm}, accolées respectivement aux compteurs 2 et 3. Le volume des cavités est alors réduit de 30 %. Expérimentalement on ne trouve aucun changement.

Sur la suggestion de M. P. Auger, j'ai rapproché les compteurs de la cloison médiane maintenue égale à 5^{cm} de plomb. Dans l'hypothèse 1, l'effet devrait être nul ou très faible; dans l'hypothèse 3, il devrait y avoir une augmentation, puisqu'on rapproche les compteurs de la source du rayonnement divergent.

Expérimentalement : axes des compteurs distants de 16^{cm} : $1,1 \pm 0,1$; axes des compteurs distants de 10^{cm} : $2 \pm 0,2$.

B. J'ai répété l'expérience 2 [1] avec la même géométrie, mais dans l'air, où les coïncidences sont dues à des rayons de gerbes électroniques plus ou moins parallèles.

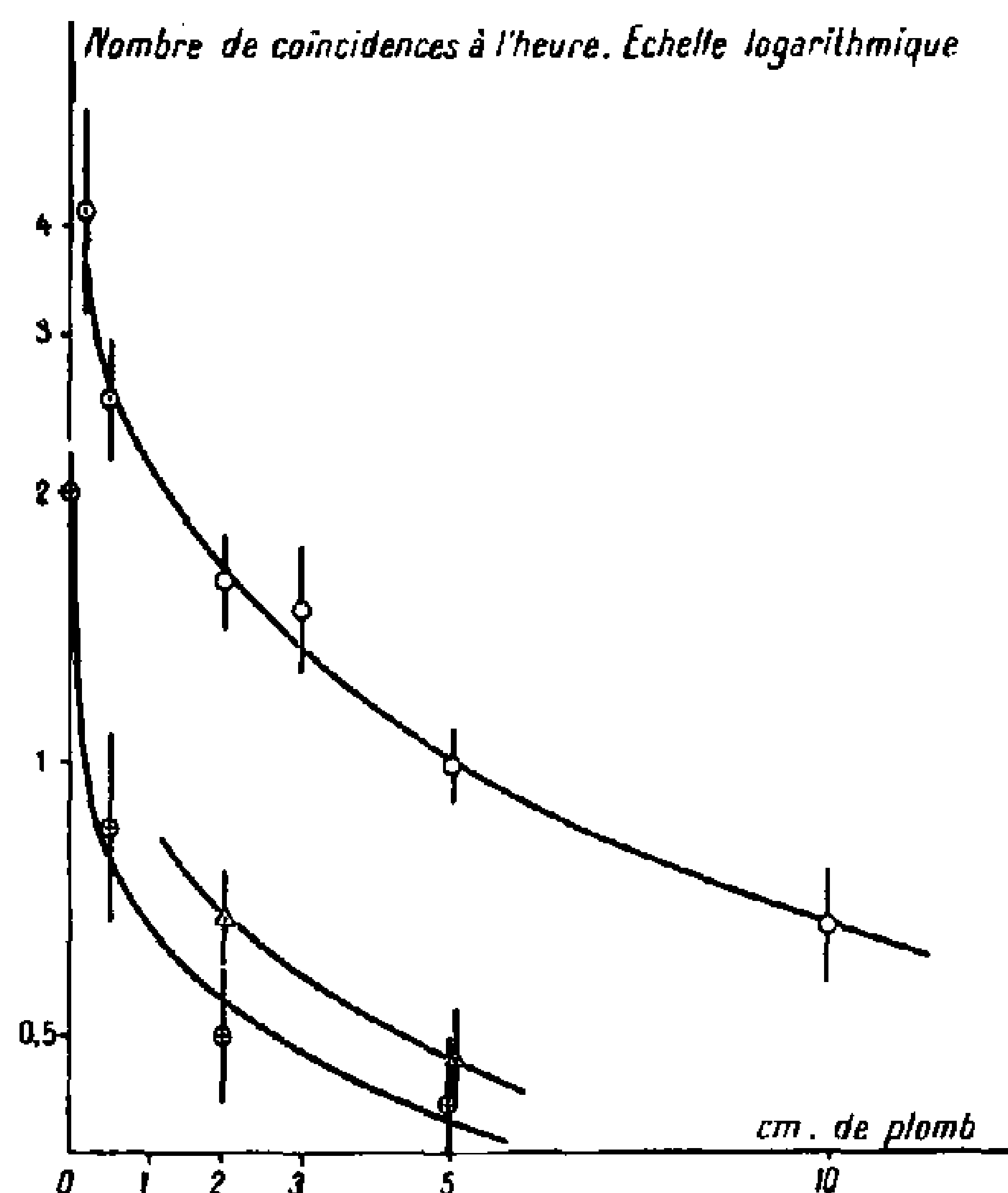
Le compteur 4 étant aligné avec les compteurs 1, 2, on enregistre 132 quadruples sur 249 triples, soit 53 %. Le compteur 4 décalé, on enregistre 39 quadruples sur 110 triples, soit 36 %. Il y a donc bien une baisse qu'on ne retrouve pas au cas où le montage est logé dans le plomb. Les conclusions de la Note précédente sont donc confirmées.

C. J'ai disposé les compteurs logés verticalement dans le plomb immédiatement à côté d'une chambre de Wilson et pris 144 clichés commandés par les coïncidences et 83 clichés au hasard. En remplaçant la chambre par un compteur, 6 coïncidences sur 39 actionnaient également ce

quatrième compteur, l'on devait donc s'attendre à avoir 10 à 20 % des clichés significatifs, contenant des rayons associés à ces coïncidences triples.

a. Sur 144 photographies commandées, il y a 11 clichés contenant plus de 4 rayons, et sur les 83 clichés au hasard il n'y en a aucun. De tels clichés sont caractéristiques de la partie centrale d'une grande gerbe : celles-ci seraient donc associées effectivement aux chocs simultanés mais seulement pour 5 à 10 % (compteurs séparés par une dizaine de centimètres de plomb).

b. S'il y a des corpuscules divergents, on doit enregistrer à la chambre quelques trajectoires, qui, venant du plomb latéral, se feront remarquer par leur proximité de l'horizontale. Sur les clichés commandés on en a enregistré 11 avec 1 rayon horizontal et 7 douteux, et en outre 3 clichés



où l'on voit une paire de rayons horizontaux ou ascendants dont l'origine peut être localisée vers la masse de plomb. Sur les clichés de contrôle on a enregistré 1 rayon horizontal, 7 douteux et aucune paire. La fréquence des rayons horizontaux, non significative à elle seule, est anormale dans les clichés commandés et appuie l'hypothèse des corpuscules divergents.

c. Les 111 clichés commandés et les 75 clichés au hasard restants présentent une répartition identique par nombre de rayons.

Rayons........	0.	1.	2.	3.
	%	%	%	%
Clichés commandés..........	57	32	10	2
Clichés au hasard...........	56	35	12	0
Répartition de Poisson.......	55	33	10	2

C'est exactement ce que l'on doit attendre s'il y a en moyenne 0,6 rayon par cliché passant au hasard pendant le temps d'efficacité de la chambre. Les clichés ne contenant ni rayons horizontaux ni partie centrale de grande gerbe ne se distinguent donc aucunement de clichés pris au hasard, ce qui confirme la faible association avec les gerbes de l'air.

Conclusion. — Ces expériences détaillées conduisent à un résultat analogue à celui de Stearns (³), qui avait conclu que les rayons pénétrants simultanés avaient leur origine dans les environs des appareils et précisent en outre qu'il s'agit d'un effet tout à fait différent des gerbes ordinaires. Ces expériences sont en contradiction non avec les expériences, mais avec les conclusions de Wataghin, Souza Santos et Pompeia, qui ne considèrent que des particules pénétrantes simultanées. Nos propres expériences en confirment l'existence, mais prouvent qu'elles ne jouent aux épaisseurs de cloison considérées qu'un rôle très secondaire.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir émulsif des acides α-aminés.* Note de M. **Jean Loiseleur**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Le caractère hétéropolaire des acides α-aminés laisse prévoir qu'ils peuvent posséder le pouvoir émulsif. Pour mettre ce fait en évidence, la technique a consisté à agiter une solution cétonique de paraffine (F 70°), à 0,5 % environ, avec une solution hydroalcoolique bouillante, saturée, de l'acide aminé expérimenté. Cette émulsion est agitée avec un volume égal d'eau, l'excès de paraffine séparé par filtration et le liquide débarrassé de l'acide aminé non combiné par dialyse. Le pouvoir émulsif est mesuré par l'intensité de la lumière transmise (intensité exprimée par la densité optique δ de l'émulsion obtenue).

I. Tous les acides aminés dont la chaîne est apolaire permettent la

(³) Stearns, *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 335.

préparation de suspensions stables de paraffine. Le pouvoir émulsif augmente avec la longueur de la chaîne.

	Glycocolle.	Alanine.	Valine.	Leucine.	Isoleucine.
Pouvoir émulsif exprimé par la densité optique de l'émulsion...	0,05	0,13	0,52	0,70	1,80

La phénylalanine, dont la partie apolaire (cyclique) est plus importante, possède un pouvoir émulsif encore plus grand ($\delta = 6$).

II. Au contraire, les acides aminés dont la chaîne se termine par un groupement polaire (a-aspartique, a-glutamique, lysine) sont dépourvus de ce pouvoir émulsif.

Il en résulte donc que le caractère apolaire de l'une des extrémités de la chaîne est la condition formelle du pouvoir émulsif. Les deux exemples suivants confirment cette règle générale. C'est ainsi que la cystéine, dont la chaîne se termine par le groupe polaire —SH, n'émulsionne pas, tandis que la méthionine, où ce groupement sulfhydrique est bloqué par un groupe méthylique, possède à un haut degré le pouvoir émulsif. Le même contraste s'observe dans le cas de la tyrosine et de la phénylalanine :

	δ.
Cystéine $HS-CH^2-CH(NH^2).CO^2H$ ...	0,02
Méthionine $CH^3-S-CH^2-CH^2-CH(NH^2).CO^2H$	1,89
Tyrosine $HO-C^6H^4-CH^2-CH(NH^2).CO^2H$	0,2
Phénylanaline $C^6H^5-CH^2-CH(NH^2).CO^2H$.............	6

Grâce au caractère amphotère de l'agent émulsif, la stabilité de ces suspensions de paraffine est remarquable et reste indépendante du pH et de la composition saline du milieu.

D'après la représentation généralement admise de la structure des suspensions, chaque sphérule du corps dispersé est enrobée d'une couche protectrice de l'émulsionnant (savon par exemple), ce dernier étant disposé radialement, sa tête paraffinique appuyée sur le granule et ses groupes hydrophyles plongeant dans l'eau. Dans le cas présent des acides aminés, les deux groupements amphotères voisins jouent le rôle de la partie polaire hydrophyle et la chaîne le rôle de la partie paraffinique. On comprend dès lors que la propriété émulsionnante disparaisse dès que l'extrémité de la chaîne perd son caractère paraffinique.

Ces faits constituent un argument en faveur de la théorie ([1]) admettant, dans la structure de la molécule protéique, une disposition des acides aminés constitutifs conditionnée par le caractère polaire ou apolaire de leurs chaînes. Par ailleurs, on pourrait admettre une telle intervention des acides aminés lors de l'émulsification des corps gras dans l'intestin.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches dans la série de la cyclohexanone. Acides homo*-nor-*camphorique et* nor-*bornéol-carboxylique.* Note ([1]) de MM. **Henry Gault** et **Ki-Wei Hiong**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'ester cyclohexanone-1 carboxylique-2 (I), préparé selon les indications de Kötz et Michael ([2]), se condense aisément avec le formaldéhyde à 35 % en conduisant (rendement 90 %) à l'ester hydroxyméthyl-2 cyclohexanone-1 carboxylique-2 (II), qui, indistillable sans décomposition, peut être séparé commodément de l'ester initial (I) par traitement à la soude.

L'ester hydroxyméthyl-2 cyclohexanone-1 carboxylique-2 donne facilement l'ester acétique correspondant ($E_{1,5}$ 153°-154°) (III), dont nous avons étudié l'hydrolyse potassique en nous plaçant dans les conditions expérimentales identiques à celles qui avaient permis à l'un de nous ([3]) d'obtenir l'acide *nor*-camphorique à partir du dérivé acétylé de l'ester hydroxyméthyl-cyclopentanone-carboxylique.

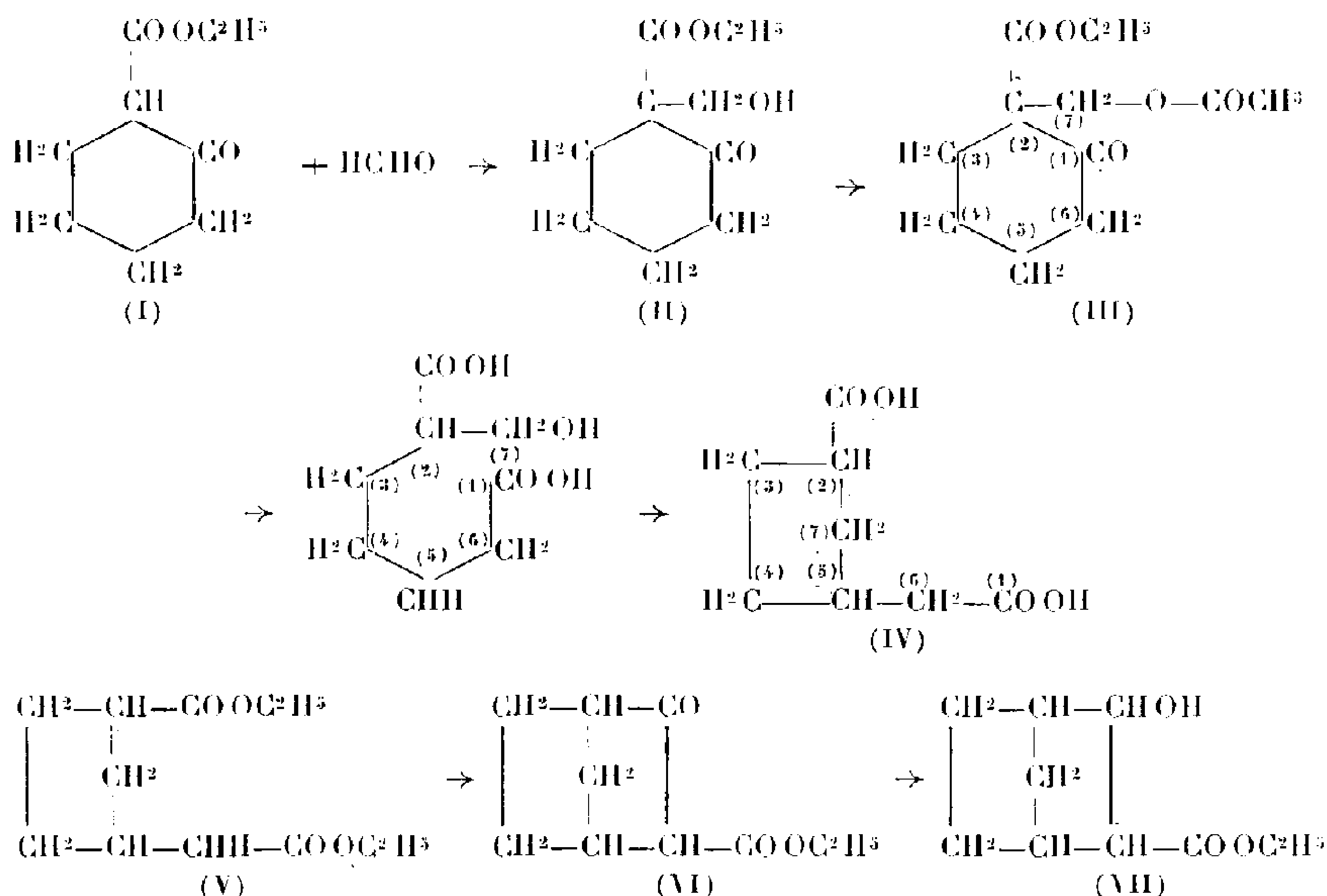
Dans ce cas encore, l'hydrolyse ouvre le cycle hexanonique en 1-2 et l'acide-alcool formé se cyclise en 5-7, par déshydratation intramoléculaire, en donnant naissance à un acide homo-*nor*-camphorique (IV) (F 85°), qui apparaît ainsi comme un isomère de l'acide préparé antérieurement par Hintikka et Komppa ([4]) (F 137°-137°,5). La constitution de cet acide est démontrée par la réaction même de cyclisation qui l'engendre et qui ne peut porter que sur les atomes de carbone 5-7. Si elle s'établissait, en effet, entre les atomes de carbone 6-7, elle serait génératrice de l'acide hexahydro-isophtalique; or les propriétés chimiques de l'acide que nous

---

([1]) D. Dervichian, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 792; 212, 1941, p. 86.

([1]) Séance du 25 août 1941.
([2]) *Lieb. Ann.*, 350, 1906, p. 210; Kötz, *Lieb. Ann.*, 358, 1908, p. 198.
([3]) H. Gault et L. Daltroff, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 997.
([4]) *Chem. Zentr.*, 1918, 1, p. 370

avons obtenu le rapprochent de l'acide adipique et sont, par conséquent, très différentes de celles de l'acide hexahydro-isophtalique; c'est ainsi, par exemple, que l'ester diéthylique (E_{14} 146°-147°) (V) de l'acide homo-*nor*-camphorique se cyclise, sous l'action du sodium, d'une manière tout à fait analogue à l'ester adipique ([5]), avec formation de l'ester *nor*-camphre-carboxylique (VI) (E_{20} 126°-127°).



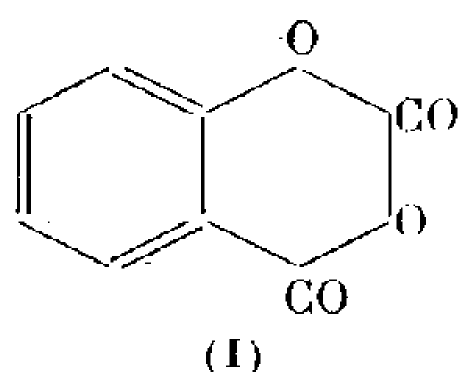
A la vérité, nous n'avons pu isoler l'acide libre lui-même, pas plus que le *nor*-camphre, dans les produits d'hydrolyse de ce dernier ester. Cependant sa constitution est établie aussi bien par l'analyse que par sa transformation en hydrazone (F 182°-183°) d'une part, et d'autre part, successivement, en ester *nor*-bornéol-carboxylique (VII) (E_{18} 120°-122°); ester acétique (E_{20} 138°-139°) et acide *nor*-bornéol-carboxylique (F 62°-63°). Nous n'avons pas réussi jusqu'à présent à décarboxyler ce dernier acide en *nor*-bornéol.

Nous poursuivons ces recherches.

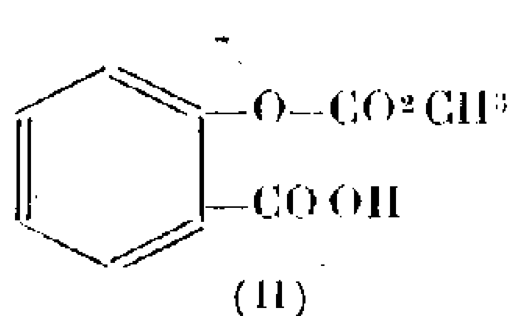
([5]) Dieckmann, *Ber. d. chem. Ges.*, **27**, 1894, p. 103; *Lieb. Ann.*, **317**, 1901, p. 47.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'anhydride mixte des acides salicylique et carbonique : benzo-1, 3-dioxanedione.* Note de M. **Alexis Tchitchibabine**, présentée par M. Marcel Delépine.

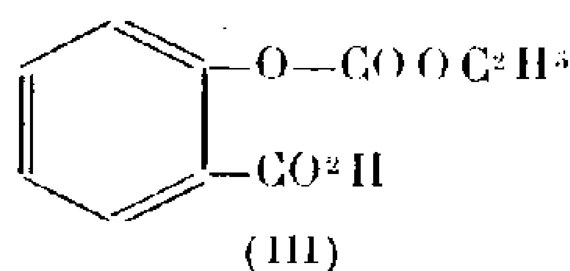
En 1934, a été publié le brevet français n° 771653 de M. L. A. Dupont [1] sur une substance à laquelle a été attribuée la structure sus-nommée [formule (I)]. Cette substance s'obtient par action du phosgène sur le



(I)



(II)



(III)

phénatosel de l'acide salicylique. La description du brevet est très courte. La substance s'obtient par action de $COCl^2$ dissous dans du toluène sur le sel $C^7H^4O^3Na^2$ à basses températures. Recristallisée dans le benzène, elle se présente comme une poudre blanche qui se décompose à 112°.

Le brevet ne contient aucune preuve de la structure attribuée à ce corps par l'auteur du brevet, et aucune publication sur ce sujet n'a paru depuis. Cependant, comme l'indique l'auteur, la structure de cette substance peut être intéressante au point de vue des synthèses des dérivés de l'acide salicylique.

La substance obtenue selon les indications du brevet se présente en effet comme une poudre cristalline blanche, qui, chauffée dans un capillaire, pas trop lentement, se décompose à 112-113° avec production abondante de bulles de gaz. Elle a un goût douceâtre d'abord, puis faiblement acide.

Son analyse n'a donc pas donné de bons résultats. Le contenu en carbone et en hydrogène est environ 0,6 % plus élevé de ce qu'exige la formule $C^8H^4O^4$. Une nouvelle recristallisation dans le benzène n'a élevé que très peu son point de décomposition (114°), et l'analyse a donné des résultats qui diffèrent encore plus de ceux qu'exige la formule, notamment en moyenne % C, 59,74; H, 3,33.

Cette composition correspond plutôt à la formule $C^{15}H^{10}O^7$, corps

---

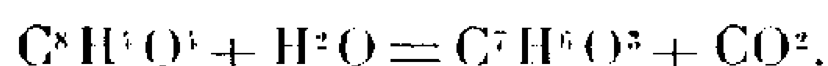
[1] *Chem. Zentr.*, 1935, 1, p. 3851.

qui pourrait se former à partir de deux molécules de salicylate et une molécule de phosgène.

	C.	H.
$C^8H^4O^4$, calc. %.........	58,54	2,47
$C^{15}H^{10}O^7$, —	59,16	3,31

Cependant les recherches ultérieures ont prouvé qu'en réalité la substance possède la structure attribuée par l'auteur. Elle est assez stable à l'air sec, mais extrêmement instable vis-à-vis des agents chimiques.

1° Avec l'eau, le produit réagit même à froid avec dégagement de gaz carbonique et avec formation d'acide salicylique



$$C^8H^4O^4 + H^2O = C^7H^6O^3 + CO^2.$$

Avec l'eau chaude, cette décomposition se produit très énergiquement. La présence des acides minéraux accélère la décomposition à froid.

Placé sur le papier humide de tournesol bleu, le produit pulvérisé ne change pas immédiatement la couleur du papier, mais après quelques instants ce dernier se colore en rouge. Un échantillon abandonné pendant deux ans dans un ballon non hermétiquement bouché s'est transformé en acide salicylique.

2° Dans une solution alcoolique, le produit se titre avec la phénolphtaléine comme s'il contenait un carboxyle libre.

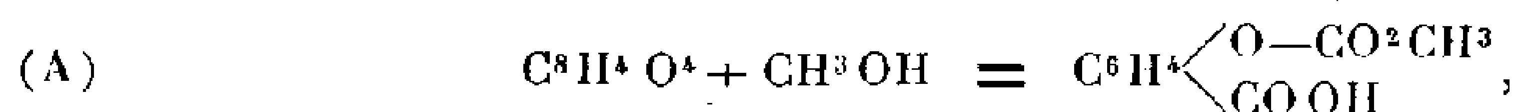
Avec les alcools, le produit réagit lentement, même à froid et très vite quand on chauffe la solution alcoolique. La réaction principale avec l'alcool méthylique s'effectue sans dégagement de gaz carbonique. Le produit de cette réaction, qui précipite de la solution concentrée, est une poudre cristalline. Il se décompose quand on le chauffe dans un capillaire au-dessus de 120°; sa décomposition est plus lente que celle du produit primitif. Au bloc Maquenne, son point de décomposition est de 138°.

Cette substance est identique (analyse et point de fusion) au produit obtenu par E. Fischer (²) par l'action du chlorocarbonate de méthyle sur l'acide salicylique en solution alcaline. Il a la structure (II) (acide carbométhoxysalicylique).

Cette réaction a permis de résoudre la question de la composition en faveur de la formule $C^8H^4O^4$, au détriment de la formule $C^{15}H^{10}O^7$. A savoir, tandis que la formation de la substance susdite peut s'effectuer à

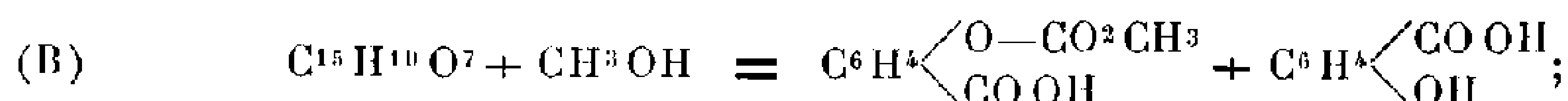
(²) *Ber. d. chem. Ges.*, **42**, 1909, p. 218.

partir de la substance $C^8H^4O^4$ selon l'équation



$$(A)\qquad C^8H^4O^4 + CH^3OH = C^6H^4\begin{cases}O-CO^2CH^3\\COOH\end{cases},$$

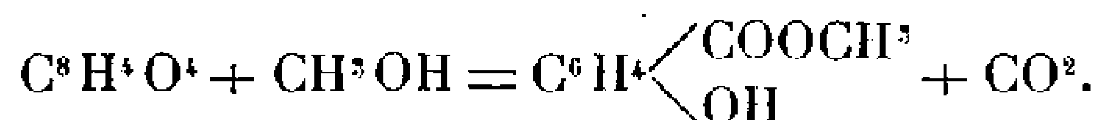
la substance de formule $C^{15}H^{10}O^7$ devrait former une molécule de la combinaison (II) et une molécule d'acide salicylique :



$$(B)\qquad C^{15}H^{10}O^7 + CH^3OH = C^6H^4\begin{cases}O-CO^2CH^3\\COOH\end{cases} + C^6H^4\begin{cases}COOH\\OH\end{cases};$$

mais une recherche approfondie a montré que le produit de réaction avec l'alcool méthylique ne contient l'acide salicylique libre qu'en quantités insignifiantes, et que le produit (II) se forme presque en quantité correspondant à l'équation A.

Outre cette substance, on trouve seulement des traces de salicylate de méthyle qui pourrait se former à partir de $C^8H^4O^4$, avec dégagement de gaz carbonique selon l'équation



$$C^8H^4O^4 + CH^3OH = C^6H^4\begin{cases}COOCH^3\\OH\end{cases} + CO^2.$$

Il est donc possible que le salicylate de méthyle se forme non à partir du produit $C^8H^4O^4$, mais avec des impuretés parmi lesquelles l'anhydride salicylique est le plus probable.

3° Le poids moléculaire trouvé par la méthode cryoscopique en solution benzénique est de 166, tandis que, pour la formule $C^8H^4O^4$, le poids moléculaire théorique est de 168. Ainsi la structure (I), pour la substance de Dupont, est définitivement établie.

Des essais préliminaires ont démontré qu'un produit analogue [3] (III) (feuillets F 95°) s'obtient avec l'alcool éthylique, quoique son rendement semble moins bon qu'avec l'alcool méthylique.

On peut mentionner qu'une tentative de recristallisation du produit (I) dans l'acétate d'éthyle a donné une substance à point de fusion élevé dont la nature n'est pas encore établie et qui réagit sur l'anhydride acétique avec dégagement de CO^2.

([3]) EINHORN, *Ber. d. chem. Ges.*, 44, 1911, p. 435; E. FISCHER, *ibid.*, 42, 1909, p. 218.

HYDROLOGIE. — *Les pentes des marigots du Faguibine* (1937-1938). Note [1] de M. **Vladimir Frolow**.

L'alimentation du Faguibine se fait par deux défluents du Niger, les marigots de Koundi et de Tassakant, réunis en amont de Goudam en un seul lit qui se déverse dans le lac Télé, et par là, si la crue est assez haute et longue, arrive au Faguibine. Le marigot de Tassakant est le moins grand à cause surtout du seuil de Djin Djin. Les pentes de ce système hydraulique sont décrites ici d'après les relevés des échelles de l'Office du Niger et de celle de Diré sur le Niger même.

Marigot de Koundi. — La pente des eaux entre Bourem et Goundam depuis l'étiage (7,5 cm/km) jusqu'à la fin novembre (15,5 cm/km), a une marche similaire avec celle des niveaux du Niger. Ainsi, le palier de juin et l'infléchissement vers le 15 septembre sont communs aux deux graphiques. Les petites dentelures sont dues aux pluies locales qui font monter le niveau à Goumdam (ruissellement sur la montagne), mais restent insensibles près du Niger (plaine). Dès le début de décembre la pente décroît, tandis que la crue est pratiquement étale. C'est un effet de l'élévation des eaux en aval. Le même effet qu'en amont du Débo se fait sentir ici mais en plus petit [2].

Marigot de Tassakant. — Les observations ne couvrent pas une année entière aux échelles autres que Goundam. On ne saurait décrire la marche des pentes au début de la crue entre Tassakant et Djin Djin. Il est possible qu'il y ait alors une augmentation de la pente qui reste toutefois plus faible que le long du marigot de Koundi, dépassant de peu 4,5 cm/km. A partir de la fin septembre, la pente en amont de Djin Djin décroît régulièrement, tant que le niveau dépasse à Diré 4,30 m. Le seuil fait obstacle à l'introduction *des eaux du sommet de la crue.* Entre le 15 et le 20 février seulement le plan d'eau d'amont baisse assez pour qu'il soit capable d'écouler toute l'eau qui y arrive. On constate alors une nouvelle, mais faible, reprise de la pente. Celle-ci reste insuffisante pour déterminer une usure du seuil. En aval, entre Djin Djin et Goundam, la pente se maintient entre des limites plus élevées (12,4 à 19,4 cm/km) que le long du marigot

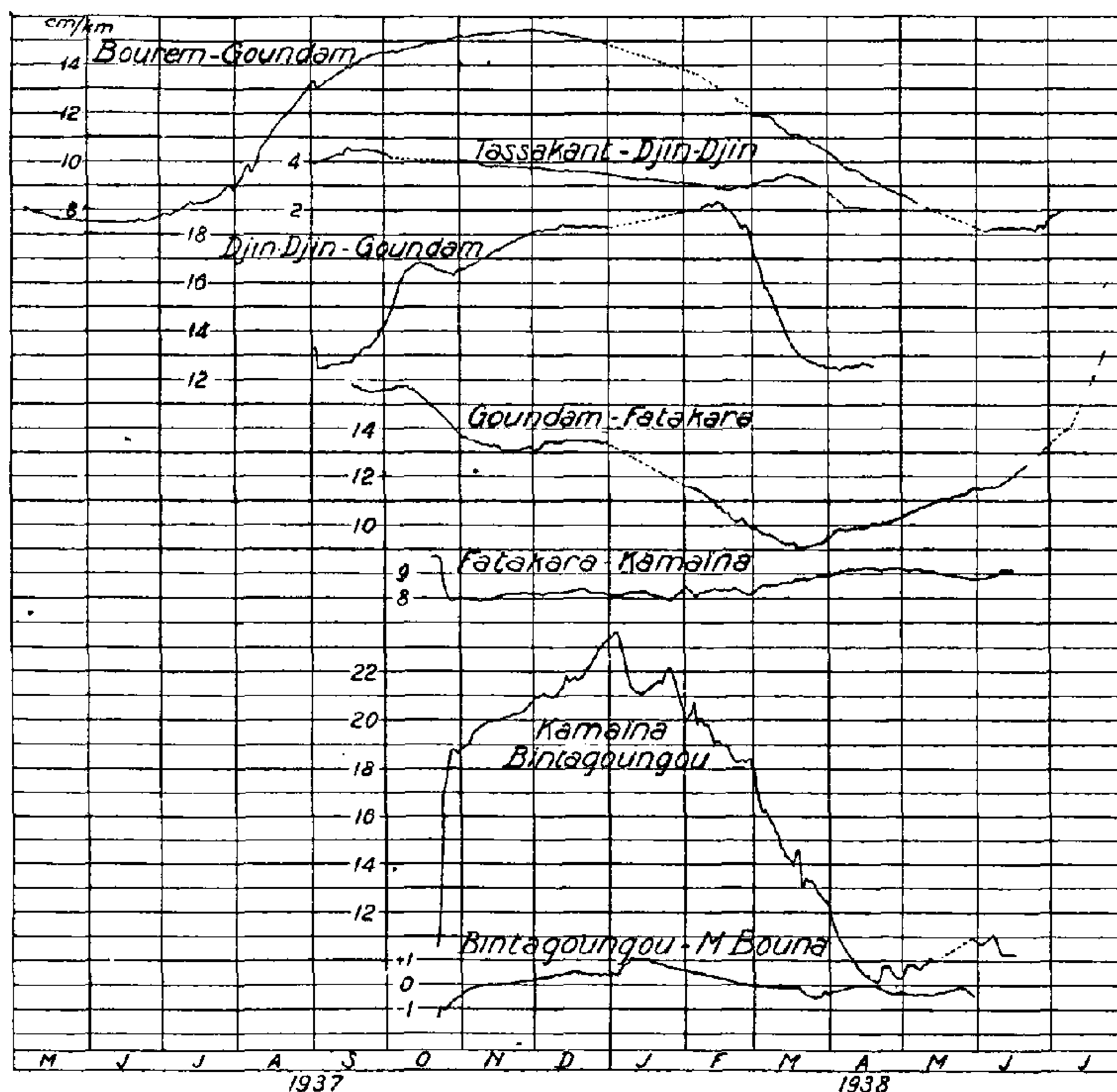
---

[1] Séance du 1er septembre 1941.

[2] *Le Niger moyen*, Paris, 1934, p. 123.

de Koundi. Le lit est encombré d'herbes et le faible débit arrivant à Djin Djin s'écoule difficilement.

Marigot de Goundam. — Entre Goundam et Fatakara la pente est fonction du débit des marigots et aussi du remplissage du lac Télé. Elle augmente rapidement au début de la crue pour atteindre 17 cm/km et diminue ensuite avec des oscillations secondaires jusqu'à 9 cm/km vers le 20 mars. Jusqu'à la crue suivante la pente augmente ensuite, mais plus lentement qu'elle ne diminuait. Cette phase est due à la prédominance de l'évaporation dans le Télé sur l'apport des eaux.



Lac Télé. — La marche de la pente entre Fatakara et Kamaïna est inverse de la crue du Niger. Sa valeur minimum (8 cm/km) se maintient près de 4 mois. Elle est suivie d'une augmentation lente, attribuable peut-être aux cultures qui dès le début du retrait des eaux s'installent en bordure du lac.

Le Faguibine. — Les pentes du marigot entre Kamaïna et Bintagoungou sont les plus fortes sur le système étudié, dépassant 23 cm/km et se maintenant au-dessus de 20 cm/km pendant plusieurs semaines. La variation de la pente au début et à la fin de l'écoulement est très rapide. Dans le lac même, entre Bintagoungou et M'Bouna, la pente de l'eau a une amplitude réduite (de l'ordre de 1,5 cm/km). On y voit une grande onde correspondant à l'épanchement des eaux de crue, suivie de variations plus faibles, peut-être dues au vent. La réalité des contre-pentes devrait être contrôlée par un nivellement de précision.

Résumé. — La description précédente se rapporte à la crue 1937-1938. L'écoulement peut être suspendu pour des crues plus faibles. Lorsqu'il existe, les pentes, sauf en amont de Djin Djin et dans le Télé, sont assez fortes pour que les lits soient naturellement maintenus. Seule une longue suite d'années sèches pourrait déterminer l'ensablement par le vent des marigots du Faguibine et contribuer à son assèchement. Aussi l'arasement du seuil de Djin Djin servirait à alimenter mieux ce lac et y assurer une production agricole plus régulière.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Présence possible de bandes du système de Lyman de la molécule d'azote dans le rayonnement ultraviolet du ciel nocturne.* Note de M. **Georges Déjardin**, transmise par M. Charles Fabry.

Parmi les bandes de l'azote qui apparaissent dans l'ultraviolet extrême, les plus importantes correspondent à la transition $a\,^1\Pi \rightarrow X\,^1\Sigma$. Mesurées tout d'abord par Lyman, elles ont été étudiées et classées par Birge et Hopfield (¹), qui, entre 1200 et 2100 Å, ont identifié plus de 60 bandes dont les têtes sont représentées par la formule

$$(1)\quad \nu = 68962{,}7 + (1678{,}959\,v' - 13{,}3181\,v'^2 - 0{,}035353\,v'^3) - (2345{,}16\,v'' - 14{,}445\,v''^2).$$

Bien que le spectre du ciel nocturne soit limité, vers les courtes longueurs d'onde, au voisinage de 2850 Å, il ne semble pas impossible, *a priori*, que le système de Lyman puisse se manifester dans l'émission du ciel. Le niveau initial a ($v' = 0$), qui correspond à 8,5 V environ, s'intercale entre les niveaux B(7,3 V) et C(11,0 V) de la molécule d'azote. Or, on doit considérer comme à peu près certaine la présence permanente,

(¹) *Astrophys. Journ.*, 68, 1928, p. 257-278.

dans le rayonnement nocturne, des bandes B → A et C → B (premier et second systèmes positifs). La même conclusion s'impose encore plus nettement pour les bandes A → X de Vegard-Kaplan; leur prédominance, dans certaines régions du spectre, résulte sans doute de la faible valeur du potentiel d'excitation (6,1 V).

L'identification de nombreuses bandes A → X dans le spectre du ciel dépend essentiellement de la validité de la formule de Herzberg, établie à partir des bandes découvertes par Kaplan *dans l'ultraviolet assez lointain*. Dans le rayonnement nocturne, les bandes A → X les plus intenses, qui appartiennent aux séquences $v'' - v' = 11$, 12 et 13, apparaissent *dans la région la plus réfrangible du spectre visible*, où les observations de laboratoire sont encore très peu nombreuses et, à certains égards, insuffisantes ([2]). Cependant, entre 3000 et 5000 Å, les coïncidences sont trop nombreuses et trop bien groupées pour qu'on puisse révoquer en doute la réalité de la plupart d'entre elles. Les conditions d'excitation de la haute atmosphère sont certainement favorables à l'émission des bandes A → X et *à l'extension de ce système vers les grandes longueurs d'onde*. Il est donc permis de supposer qu'il en est de même pour le système de Lyman. D'ailleurs l'existence de bandes *a* → X à quanta de vibration élevés, s'étendant jusqu'à 2425 Å, ($v' = 11$, $v'' = 22$), et même probablement jusqu'à 2800 Å, a été établie expérimentalement par Kaplan et Levanas ([3]).

L'hypothèse de la présence des bandes *a* → X dans le rayonnement nocturne a été proposée récemment par Elvey, Swings et Walter Linke ([4]). Les rapprochements suggérés ne font intervenir que les radiations nocturnes les plus intenses, souvent complexes, relevées directement sur

---

([2]) R. Bernard (*Ann. de Phys.*, 2e série, 13, 1940, p. 1-77) est parvenu à exciter les bandes A → X du spectre visible par bombardement électronique de l'argon renfermant une trace d'azote. Ces observations sont les seules qui puissent être invoquées pour légitimer l'emploi, dans la région des grandes longueurs d'onde, de la formule de Herzberg.

Comme dans le ciel nocturne, la parabole de Franck-Condon se trouve déplacée, vers les valeurs croissantes de v'', par rapport à la courbe théorique calculée par Gauzit (*Ann. d'Astrophys.*, 1re année, 1938, p. 334-374). Dans la cathodo-luminescence de l'azote solide (Vegard), les niveaux énergétiques sont fortement perturbés et les longueurs d'onde des bandes A → X diffèrent alors considérablement de celles qui caractérisent l'azote à l'état gazeux.

([3]) *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 231.

([4]) *Astrophys. Journ.*, 93, 1941, p. 337-348.

les spectrogrammes obtenus par les auteurs précités. C'est ainsi qu'entre 3110 et 4050 Å, Elvey et ses collaborateurs mentionnent seulement 27 radiations, alors qu'il en existe plus d'une centaine dans les listes, suffisamment concordantes, publiées par d'autres observateurs (Dufay, Gauzit, Déjardin et ses collaborateurs). Un contrôle plus décisif peut donc être effectué en comparant les *valeurs moyennes* déduites de ces listes et les valeurs calculées à partir de la formule (1). Dans le tableau suivant les longueurs d'onde calculées figurent avant celles des radiations nocturnes, connues avec une approximation de l'ordre d'un petit nombre d'angströms ([5]).

(v', v'').	Calc.	Ciel.	(v', v'').	Calc.	Ciel.	(v', v'').	Calc.	Ciel.
(0,16)...	2845 Å	2844	(3,19)...	2895 Å	2893	(6,22)...	2945 Å	2947
(0,17)...	3005	3004	(3,20)...	3052	3052	(6,23)...	3100	3102
(0,18)...	3181	3177	(3,21)...	3225	3228	(6,24)...	3269	3269
(0,19)...	3375	3377	(3,22)...	3415	3416	(6,25)...	3453	3452
(0,20)...	3591	3595	(3,23)...	3625	3629	(7,23)...	2962	2962
(1,17)...	2862		(4,20)...	2911	2914	(7,24)...	3116	3115
(1,18)...	3021	3020	(4,21)...	3068	3067	(7,25)...	3283	3285
(1,19)...	3196	3194	(4,22)...	3239	3240	(7,26)...	3466	3468
(1,20)...	3389	3393	(4,23)...	3428	3431	(8,24)...	2979	2980
(1,21)...	3603	3601	(4,24)...	3635	3637	(8,25)...	3132	3134
(2,18)...	2878	2880	(5,21)...	2928	2928	(8,26)...	3298	3297
(2,19)...	3036	3034	(5,22)...	3084	3085	(9,24)...	2856	2856
(2,20)...	3210	3213	(5,23)...	3254	3255	(9,25)...	2996	2995
(2,21)...	3402	3399	(5,24)...	3441	3438	(9,26)...	3148	3150
(2,22)...	3614	3612	(5,25)...	3646	3644	(9,27)...	3313	3315

Si l'on admet que la formule (1), ainsi que celle de Herzberg, reste valable pour les valeurs élevées de v'', l'existence des bandes de Lyman dans le spectre du ciel peut être considérée comme très probable. La faible intensité relative des radiations nocturnes incriminées ([6]) semble conforme à l'ordre des potentiels d'excitation. L'hypothèse de Elvey, Swings et Walter Linke mérite donc d'être provisoirement retenue. Elle

([5]) Un grand nombre d'autres coïncidences se présentent pour des bandes correspondant à des valeurs plus élevées de v' et v''.

Un tableau plus complet a d'ailleurs été présenté par l'auteur à la Société Française de Physique, Section de Lyon, réunion du 14 juin 1941.

([6]) Certaines d'entre elles peuvent cependant être interprétées d'une manière différente. Dans l'analyse du rayonnement nocturne, la faible dispersion des spectrogrammes rend inévitables de nombreuses superpositions.

n'est pas en contradiction formelle avec celle qui fait intervenir les bandes d'émission de l'ozone (⁷). Dans la région des longueurs d'onde inférieures à 3400 Å, ces deux hypothèses sont en quelque sorte complémentaires; elles permettent d'interpréter la plupart des radiations nocturnes observées, en dehors de celles qui peuvent être attribuées au système de Vegard-Kaplan et au second système positif de l'azote.

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réalisation expérimentale d'une variété nouvelle chez une Graminée semi-éteinte.* Note [1] de M. ANTOINE DE CUGNAC, présentée par M. Marin Molliard.

On sait que *Bromus arduennensis* Dmrt., espèce annuelle strictement endémique du pays entre Liége et Givet, où elle se rencontrait dans les moissons d'Épeautre, a progressivement disparu, depuis la fin du siècle dernier, de ses stations spontanées et n'a été préservée d'une totale extinction que par sa culture régulière dans quelques Jardins botaniques. Ce mode de survie avait fait défaut à la variété *villosus* (Strail) Crép. de la même espèce, qui était complètement éteinte lorsque j'ai pu la reconstituer par synthèse génétique, à la suite du croisement de *B. arduennensis* typique avec *B. grossus* Desf. [2].

Un autre croisement, effectué entre la forme typique de *B. arduennensis* et une variété de *B. secalinus* L. dépourvue d'arête à la glumelle inférieure, me permet d'annoncer aujourd'hui l'apparition d'une variété nouvelle de *B. arduennensis*, caractérisée par l'absence d'arête au sommet de la glumelle inférieure. Les deux petites arêtes latérales qui terminent les lobes aigus de la glumelle sont toujours présentes, ainsi que les oreillettes glumellaires si caractéristiques de l'espèce; seule manque la forte arête médiane, jusqu'ici considérée comme l'un des caractères constants de *B. arduennensis*.

Cette variété n'a encore jamais été décrite, et tout donne à penser qu'il n'en a existé jusqu'ici aucun spécimen connu, en raison de l'exiguïté du territoire auquel se limitait l'espèce, et de l'ardeur avec laquelle elle fut

---

(⁷) G. DÉJARDIN, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 95-98.

(¹) Séance du 25 août 1941.

(²) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 61.

recherchée et étudiée au milieu du siècle dernier, la seule variation signalée ayant été la var. *villosus*.

Il est remarquable de constater que le potentiel de variabilité de l'espèce ne paraît en rien affecté par la semi-extinction dont elle a été frappée. Il en est de même, d'ailleurs, de la vitalité propre des spécimens dans les cultures, et de leur capacité reproductrice : le meilleur témoignage en est sans doute la facilité et la régularité avec lesquelles j'ai pu obtenir expérimentalement des combinaisons hybrides variées à partir de l'espèce, dans les deux sens ([3]). La cause de sa disparition à l'état spontané reste donc toujours aussi mystérieuse ([4]).

Le croisement initial a été effectué dans le sens *B. secalinus* ♀ × *B. arduennensis* ♂. Le caractère inerme de l'espèce mère se montre dominant (ou du moins presque dominant, l'hybride étant submutique, c'est-à-dire mêlé de fleurs inermes et de fleurs pourvues d'une courte arête vestigiale, analogue à l'arête tortillée au sommet qui caractérise la forme la plus habituellement signalée de *B. secalinus*), tandis que les caractères essentiels de *B. arduennensis* (oreillettes des glumelles, triple arête etc.) sont récessifs, comme je l'ai déjà signalé ailleurs ([5]). Mais l'intervention de cette dernière espèce se manifeste cependant chez l'hybride F_1 par quelques caractères secondaires, déjà rencontrés dans d'autres croisements où elle prenait part (dimension plus grande des fleurs et de l'épillet, glumelles plus allongées, dépassant latéralement les caryopses sans les enserrer étroitement par leurs bords repliés comme chez *B. secalinus*), et qui lui sont communs avec *B. grossus* var. *nitidus* (Dmrt.) A. de Cugnac et A. Camus. De fait, j'ai effectué aussi le croisement *B. secalinus* × *B. grossus nitidus*; les deux hybrides F_1 sont très semblables, tous deux présentant l'apparence d'un *B. grossus nitidus* submutique.

Il s'agit évidemment, dans ces deux croisements, d'hybrides de type mendélien, mais je n'ai pu effectuer en F_2 que des cultures trop réduites pour permettre l'analyse statistique de la descendance. Je noterai cependant que le premier m'a fourni, outre un spécimen de la variété nouvelle de *B. arduennensis*, un autre de *B. arduennensis* typique, le reste paraissant conforme à l'hybride F_1. Quant à *B. secalinus* × *grossus nitidus*, il a donné en F_2 quelques exemplaires semblables aux parents, *B. secalinus* inerme

---

([3]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 143.

([4]) A. Maréchal, *Bull. Soc. de Bot. de Belgique*, 70, 1937, p. 51.

([5]) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 268.

et *B. grossus nitidus* aristé, et une forte proportion d'échantillons conformes à l'hybride F_1, *B. grossus nitidus* submutique, qui deviendra ainsi la souche d'une sous-variété nouvelle de la variété initiale [elle-même dérivée du croisement de *B. grossus* avec *B. arduennensis* (6)].

On voit par ces exemples le rôle important que peut jouer l'hybridation dans la formation de nouvelles variétés stables, lorsque les espèces initiales, tout en présentant des différences très tranchées qui leur méritent indiscutablement la qualification de bonnes espèces, sont néanmoins susceptibles de former entre elles et avec leurs variétés dérivées des hybrides mendéliens. Bien des faits de polymorphisme naturel pourraient sans doute trouver une explication de ce genre, que des séries d'expériences méthodiques devront mettre en évidence.

EMBRYOGÉNIE. — *Inhibition de la gastrulation par le froid chez l'Oursin* Paracentrotus lividus *Lk.* Note de M. **Christian Mettetal**, transmise par M. Paul Wintrebert.

Il est bien connu que, chez les Échinodermes, la possibilité de gastruler est liée à la présence d'une certaine quantité de matériel végétatif. Par contre le mécanisme même de l'invagination reste mystérieux et les diverses hypothèses émises à son sujet ne reposent sur aucune base expérimentale. Un tel problème paraît de prime abord difficile à aborder. Cependant, dès 1931, Wintrebert (1) réussit chez un Amphibien, le Discoglosse, à empêcher la gastrulation, sans arrêter la prolifération cellulaire, en maintenant les embryons à basse température (+ 3°,5 C.). Il constata ensuite que la gastrulation s'effectuait immédiatement après retour à une température normale (16°C.), et la rapidité même d'exécution du processus lui a permis d'écarter toute hypothèse autre que celle d'une contraction. Cette expérience n'a jamais été ni reprise chez les Amphibiens, ni tentée sur un autre matériel. Sa conclusion vise pourtant à la solution d'un problème général. Il m'a paru intéressant de soumettre à l'analyse par le froid la gastrulation d'un œuf dont le développement est aussi bien connu que celui de l'Oursin.

Les expériences ont été réalisées à Banyuls-sur-Mer, pendant les mois

(6) *Bull. Soc. bot. de France*, 86, 1939, p. 409.

(1) *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 493.

de février et mars, de la manière suivante : les embryons, obtenus par fécondation artificielle, furent divisés en lots, provenant chacun d'un même couple. Dans mes premiers essais, le début du développement s'effectuait à la température de la chambre (16°C. environ); par la suite j'ai porté les œufs à 9°C., aussitôt la fécondation réalisée, de manière à réduire dans la mesure du possible les modifications dues aux changements brusques de température. Au moment où, chez la blastula nageante, la migration interne des micromères qui donnent le mésenchyme primaire touche à sa fin et où l'invagination des macromères est imminente, un certain nombre de larves sont portées à la glacière dans un compartiment réglé à la température choisie. Le reste du lot sert de témoin : on ne retient pour l'expérience que les lots dont les témoins se développent de manière absolument normale. L'étude des embryons a été faite au moyen de prélèvements successifs.

Lorsque la température est abaissée entre —1°,5 et —0°,5 C., les embryons meurent dans les trois premiers jours. Entre 0° et +1° C., tous les embryons étaient vivants au 20e jour, quand l'expérience fut arrêtée; pendant tout le temps de celle-ci, ils restent à l'état de blastula et l'on n'observe aucun indice de formation de l'archenteron. Entre +2° et +3° C., le résultat varie suivant les lots : tandis que, dans une expérience, les embryons se comportent tous de manière semblable aux précédents et restent vivants à la glacière, sans gastruler pendant 40 jours, ceux d'un autre lot donnent, au bout de 12 jours, des larves à intestin tripartite et à spicules différenciés. Enfin, dans un troisième lot, quelques embryons seulement parviennent à gastruler. Les expériences concernant ces trois derniers lots ont été faites à quelques jours de distance et dans des conditions presque identiques à la température limite de réalisation du processus gastrulaire. La question se pose donc de savoir si le comportement différent n'a pas une origine génétique et ne provient pas de dissemblance existant chez les parents. Les œufs, placés entre 6° et 7° C., poursuivent un développement régulier et donnent au bout de 7 jours des plutei normaux.

Les embryons dont l'invagination archentérique a été inhibée se montrent capables de gastruler quand ils sont portés du froid à une température plus élevée, si du moins le séjour à la glacière n'a pas été prolongé outre mesure. A une température de 0° à 1°C., la capacité de gastruler se manifeste encore au 11e jour; pour un froid de +2° à +3°C., la gastrulation se produit encore au 15e jour; on ne l'observe plus entre le 20e et le 31e jour. La capacité de gastruler est donc passagère; son mécanisme s'inscrit dans

le temps et semble correspondre à certaines étapes de prolifération et de structure; car l'œuf qu'on empêche de gastruler vieillit sans changer de forme et continue à se diviser au ralenti. La vitesse d'apparition de l'invagination et celle de l'approfondissement de l'archenteron après réchauffement dépendent de plusieurs facteurs, le degré de température auquel les œufs ont été soumis, la durée du froid et le mode de réchauffement des œufs, qui peut être effectué par étapes ou sans transition.

Dans une autre série d'expériences, j'ai soumis au froid des embryons en cours de gastrulation, au moment où l'extrémité de l'archenteron invaginé atteignait l'équateur, et j'ai obtenu un arrêt total de l'invagination pour des conditions identiques à celles qui inhibent le déclenchement du processus chez les blastulas.

En résumé, un refroidissement à une température convenablement choisie permet d'inhiber, chez l'Oursin, l'invagination de l'archenteron. Cette inhibition est réversible. Elle n'est donc pas due à une lésion des cellules, mais à l'arrêt d'un processus physiologique. Celui-ci paraît bien être une contraction qui est soit empêchée, soit arrêtée en cours de route, par le froid, de manière quasi instantanée, et s'instaure et reprend quand on réchauffe les œufs.

PROTISTOLOGIE. — *L'appareil flagellaire des Trichonymphines.* Note [1] de MM. **Octave Duboscq** et **Pierre-P. Grassé**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les Hypermastigines ont donné lieu à de nombreux travaux. Leurs structures sont si complexes qu'elles ne sont encore qu'imparfaitement connues; ainsi, malgré de belles recherches, comme celles de Cleveland [2] qui font date pour la cytologie des Trichonymphines, l'appareil flagellaire nous paraît n'avoir pas été compris.

On le décrit, dans une *Trichonympha*, comme une nappe flagellaire faite d'un ectoplasme hyalin, épais, traversé par la partie inférieure des flagelles, les granules basaux étant à la surface de l'endoplasme. Avec une pareille structure, les *Trichonympha* auraient une disposition flagellaire tout autre que celle des *Spirotrichonympha*.

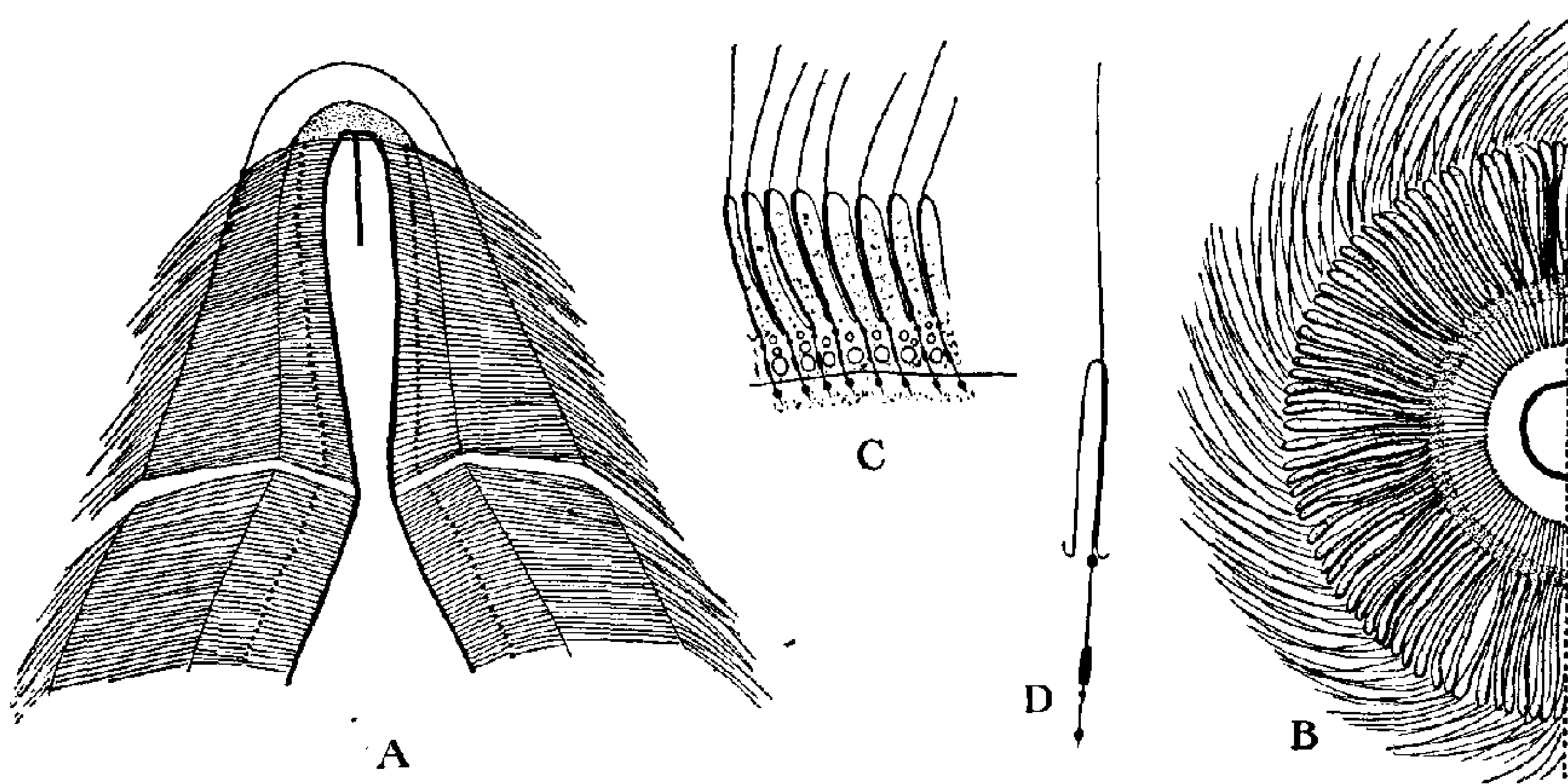
---

(1) Séance du 11 août 1941.

(2) *Memoirs Amer. Acad.*, 17, 1934, p. 184.

Nous avons trouvé un objet d'étude favorable dans la *Deltotrichonympha numidica* (Duboscq, Grassé et Rose), que nous avons brièvement décrite ([3]), en soulignant sa parenté avec la *Trichonympha turkestanica* de Bernstein (1928) ([4]), toutes les deux parasites de Termites du genre *Anacanthotermes*.

Le rostre, comme l'a vu Cleveland, est fait d'un tube colorable de structure complexe (*fig.* A). De l'extérieur à l'intérieur, on y reconnaît une couche de grains basaux ou blépharoplastes, plus en dedans les filaments parabasaux, enfin le prolongement jusqu'au centriole de l'appareil suspen-



A, coupe longitudinale du rostre de *Deltotrichonympha numidica*; B, demi-coupe transversale du rostre, passant un peu au-dessous du centrosome; C, portion d'une coupe transversale de la région inférieure; D, détail d'un flagelle.

seur du noyau, que Cleveland appelle la manche nucléaire et qui, pour nous, représente une formation fusoriale, comme le cône centrosomien d'un choanocyte. Le tube rostral est fermé par la tête aplatie d'un centriole en forme de clou, dont toute la pointe occupe l'axe du tube et correspond au centriole de Cleveland. Comme, après certaines colorations, la tête du clou se colore un peu différemment, on peut se demander si elle ne représente pas une sphère (centrosome) autour du centriole. Les classiques décrivent autour de ce tube un épais ectoplasme tronconique, traversé par les bases des flagelles. Ils comprennent l'area post-rostrale de la même

([3]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 574.
([4]) *Arch. f. Protistenkunde*, 61, 1928, p. 9.

façon : les granules basaux, à la surface de l'endoplasme, donnent naissance aux flagelles dont la partie basale traverse un ectoplasme hyalin épais.

Si l'on étudie des coupes transversales de *Deltotrichonympha*, après fixation au mélange de Champy ou au Mann-Kopsch (sublimé osmique), on voit que l'ectoplasme des auteurs est fait d'une série de lamelles, bien distinctes les unes des autres, séparées par des intervalles, très nets, surtout à la partie postérieure. En effet, plus on s'éloigne du rostre, plus la lamelle longitudinale s'épaissit et plus les espaces interlamellaires s'élargissent (*fig.* B et C).

Les flagelles partent des grains basaux situés à la périphérie de l'endoplasme et peuvent montrer plusieurs épaississements; ainsi nous trouvons : un premier granule, un épaississement en bâtonnet correspondant sans doute à la plaquette de Cleveland; puis, plus extérieurement, au point où les lamelles sont distinctes les unes des autres, un autre grain (*fig.* D). A partir de là, le flagelle s'applique sur une des faces de la lamelle, qui, de ce fait, paraît plus foncée que l'autre. Dans certaines préparations, toutes la partie interne du flagelle est formée d'une file de granules.

La base des lamelles est la zone la plus difficile à étudier, parce qu'elle est vacuolaire; on distingue, au-dessous de chaque lamelle, une grande vacuole basale et une ou deux plus petites (*fig.* C).

Ces vacuoles, au moment de la division et de l'enkystement, s'agrandissent et donnent à l'ectoplasme un aspect alvéolaire. Kofoid et Swezy (1919) ([5]) les ont vues au stade de télophase avancée, quand les lamelles se reconstituent.

Chaque lamelle, par sa structure, par la disposition en file des grains basaux et des flagelles, correspond à une ligne flagellaire.

Sur une coupe optique, l'ectoplasme paraît envahi par de nombreux bacilles (3^{μ}) de répartition inégale. Ils sont nombreux dans la partie postérieure de la zone flagellaire, dont la limite supérieure est au niveau du noyau. C'est même là qu'ils sont le plus denses, si bien, qu'après coloration, ils y dessinent un anneau en avant duquel ils deviennent rares. En réalité, toutes ces bactéries sont externes, insinuées dans les espaces interlamellaires. Or c'est à partir de l'anneau bactérien que le corps de la *Deltotrichonympha* s'effile en cône et qu'assez brusquement les lamelles se

([5]) *Univ. of California Publ., Zool.*, 20, 1919, p. 1.

resserrent; les espaces deviennent si étroits que les bacilles ne peuvent y pénétrer que difficilement.

Bernstein (1928) s'est trouvée devant un cas semblable avec *Deltotrichonympha turkestanica*, mais, au lieu de Bacilles, elle a eu affaire à de petits Microcoques, qu'elle a interprétés comme les grains basaux des flagelles.

Avec les idées classiques, la structure flagellaire d'une *Trichonympha* différait beaucoup de celle d'une *Spirotrichonympha*. Dans un cas, les flagelles étaient englués dans une nappe ectoplasmique; dans l'autre, ils étaient appliqués sur une lame saillante en file linéaire, comme nous (Duboscq et Grassé 1927) (6) et Cleveland (1938) (7) l'avons montré.

En réalité, la structure que nous décrivons prouve que l'appareil flagellaire des *Trichonympha* se ramène à celui des *Spirotrichonympha*. Il n'en diffère que par le plus grand nombre des lamelles flagellaires et leur direction sensiblement longitudinale, bien que légèrement spirale et léiotrope, comme le montrent les études de la région polaire (Duboscq et Grassé, 1927).

Nous profitons de cette Communication pour rectifier une erreur de notre Note de 1937; nous y disions que les parabasaux de *Deltotrichonympha* s'appliquent sur le noyau sans s'étendre au delà. En fait, avec de bonnes colorations, on voit qu'ils vont beaucoup plus loin et se poursuivent jusqu'à la fin de la zone flagellaire, la dépassant même un peu.

ANTHROPOLOGIE. — *Observations sur le rachitisme dans la race noire.* Note de M. **Jacques Millot**, transmise par M. Paul Portier.

Il existe dans la fréquence du rachitisme certaines différences raciales d'un grand intérêt. Depuis longtemps les médecins américains avaient remarqué que, dans le Nord des États-Unis, les jeunes Nègres étaient plus souvent atteints par la maladie que les enfants blancs dans la même région, et souvent dans une extraordinaire proportion : plus de 80 % dans certaines villes [Mitchell (1), Clements (2)]. Aucune particularité de l'alimentation

(6) *Arch. Zool. Exp.*, 66, 1927, p. 451.
(7) *Biol. Bull.*, 74, 1938, p. 1.

(1) F. T. Mitchell, *Sc. Med. Journ.*, 23, 1930, pp. 228-237.
(2) F. Clements, *Amer. J. phys. Anthrop.*, 15, 1931, pp. 493-501.

ou du genre de vie ne permettait d'expliquer cette différence saisissante.

Les faits s'éclairèrent à la suite de la double découverte de la formation dans la peau de la vitamine D, vitamine antirachitique, sous l'action des radiations solaires, et du rôle d'écran que joue le pigment cutané vis-à-vis de ces mêmes radiations : il apparaissait que le Nègre américain devait à la coloration foncée de sa peau une carence en vitamine, facteur fondamental de la maladie.

Des observations significatives que j'ai faites en Afrique tropicale viennent appuyer la conclusion précédente et lui donner toute sa valeur. Ayant parcouru les régions les plus variées de la Guinée, de la Côte d'Ivoire et du Soudan, j'ai constaté que, contrairement à ce qui existe aux États-Unis, le rachitisme est, dans l'ensemble, très rare dans la population noire, et cela malgré une alimentation souvent des plus insuffisantes. J'ai particulièrement étudié les tribus qui peuplent les lumineuses savanes de la Haute-Volta (Lobis, Birifors, Dagaris, Mossis) : la maladie y est pratiquement inconnue. Récemment, de Langen ([3]) ayant remarqué aux Indes Néerlandaises une absence analogue de l'affection, même dans les classes indigènes les plus pauvres, en tire la conclusion insuffisante que la nourriture et le genre de vie sont, en Insulinde, beaucoup plus satisfaisants qu'en Europe. En réalité, la lumière tropicale paraît le seul facteur responsable : ses radiations, assez puissantes pour traverser l'écran pigmentaire des Malais de Java, comme celui des Nègres du Soudan, assurent une production de vitamine garantissant de tout rachitisme. Je crois en apporter la démonstration décisive. J'ai constaté en effet que dans certaines tribus africaines, au contraire, l'avitaminose D fait de grands ravages : ce sont exclusivement celles qui habitent la zone de la forêt dense. Ainsi, dans la région située aux confins de la Guinée, de la Côte d'Ivoire et de la Sierra Leone, j'ai rencontré un grand nombre d'enfants présentant des troubles de croissance, des malformations osseuses et tous les stigmates de la maladie. Or l'épaisseur des forêts tropicales est telle que le soleil ne la traverse jamais et que l'ombre y règne en maîtresse : l'on ne peut s'étonner que les habitants soient fortement carencés.

D'autres faits, qui ne peuvent être détaillés ici, concernant la répartition du rachitisme dans les différentes populations du globe, montrent de la façon la plus nette que, réserve faite de conditions alimentaires parti-

---

([3]) C. D. de LANGEN et A. LICHTENSTEIN, *A Clinical Text Book of Tropical Medecine*, Amsterdam, 1936.

culières, la fréquence de la maladie dépend directement du rapport qui s'établit entre la quantité de mélanine cutanée et l'irradiation à laquelle la peau se trouve soumise. La race intervient bien dans la sensibilité à l'avitaminose, mais seulement par le moyen de la coloration tégumentaire.

Il n'est pas sans intérêt d'ajouter qu'en Afrique Occidentale française les Nègres de savanes et les Nègres de forêts ne s'opposent pas seulement par l'absence ou la fréquence du rachitisme : recherchant les anomalies de taille d'origine endocrinienne, j'ai exclusivement rencontré du gigantisme chez les premiers, du nanisme chez les seconds.

Le plus souvent d'ailleurs, on le sait, la taille moyenne des uns et des autres diffère nettement, les Nègres de forêts étant toujours de très petite stature : sans doute le faible éclairement auquel ils sont soumis intervient-il dans leur métabolisme endocrinien et est-il un des facteurs primordiaux de leur morphologie particulière.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 SEPTEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. Louis BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** se fait l'interprète des regrets qu'éprouve l'Académie en voyant M. **Ch. Maurain** quitter les fonctions de Recteur de l'Université de Paris et de Doyen de la Faculté des Sciences, dans lesquelles il a rendu de si éminents services.

M. le **Président** exprime la satisfaction que cause à l'Académie le retour de M. **A. de Gramont**, après une absence de sept mois, causée par un grave accident.

CYTOLOGIE. — *Sur quelques faits nouveaux de la spermiogenèse du* Lumbricus terrestris. Note de M. **Édouard Chatton** et Mlle **Odette Tuzet**.

La spermatogenèse du Lombric, qui se déroule dans la pulpe séminale, est, de ce fait, facile à préparer et à observer et elle fait souvent l'objet de travaux pratiques offerts aux débutants. On pourrait croire qu'elle est étudiée dans tous ses détails. Nous avons cependant à ajouter à sa connaissance les faits suivants :

1° l'existence d'une élimination mitochondriale précédant l'élimination golgienne classique;

2° l'existence transitoire d'un long flagelle s'insérant sur la tête spermatique à la fin de la période où la spermie est encore fichée dans le cytophore (flagelle acrosomien);

3° la formation par le centrosome antérieur, précédant de peu celle de l'acrosome, d'un corpuscule énigmatique (corpuscule sporoïde), qui émigre tout le long de la tête spermatique jusqu'à la pièce intermédiaire au contact de laquelle il est résorbé.

Élimination mitochondriale. — Depdolla (1905-1906) et Hesse (1909) décrivent vers l'extrémité postérieure des spermatides un *Auszerkörper* qui finirait par s'unir avec la masse mitochondriale pour constituer la pièce intermédiaire du spermatozoïde. Voici ce que nous voyons : Les grains mitochondriaux de la spermatide jeune, au nombre de 15 à 20, se fusionnent en donnant de 4 à 6 sphères mitochondriales, qui finissent par se condenser elles-mêmes en deux groupes de deux ou trois gros granules accolés. Un des groupes va passer dans une sorte de bourgeon qui se pédiculise et finalement se détache. C'est l'Auszerkörper, ou reliquat mitochondrial, qui ne prend aucune part à la formation de la pièce intermédiaire.

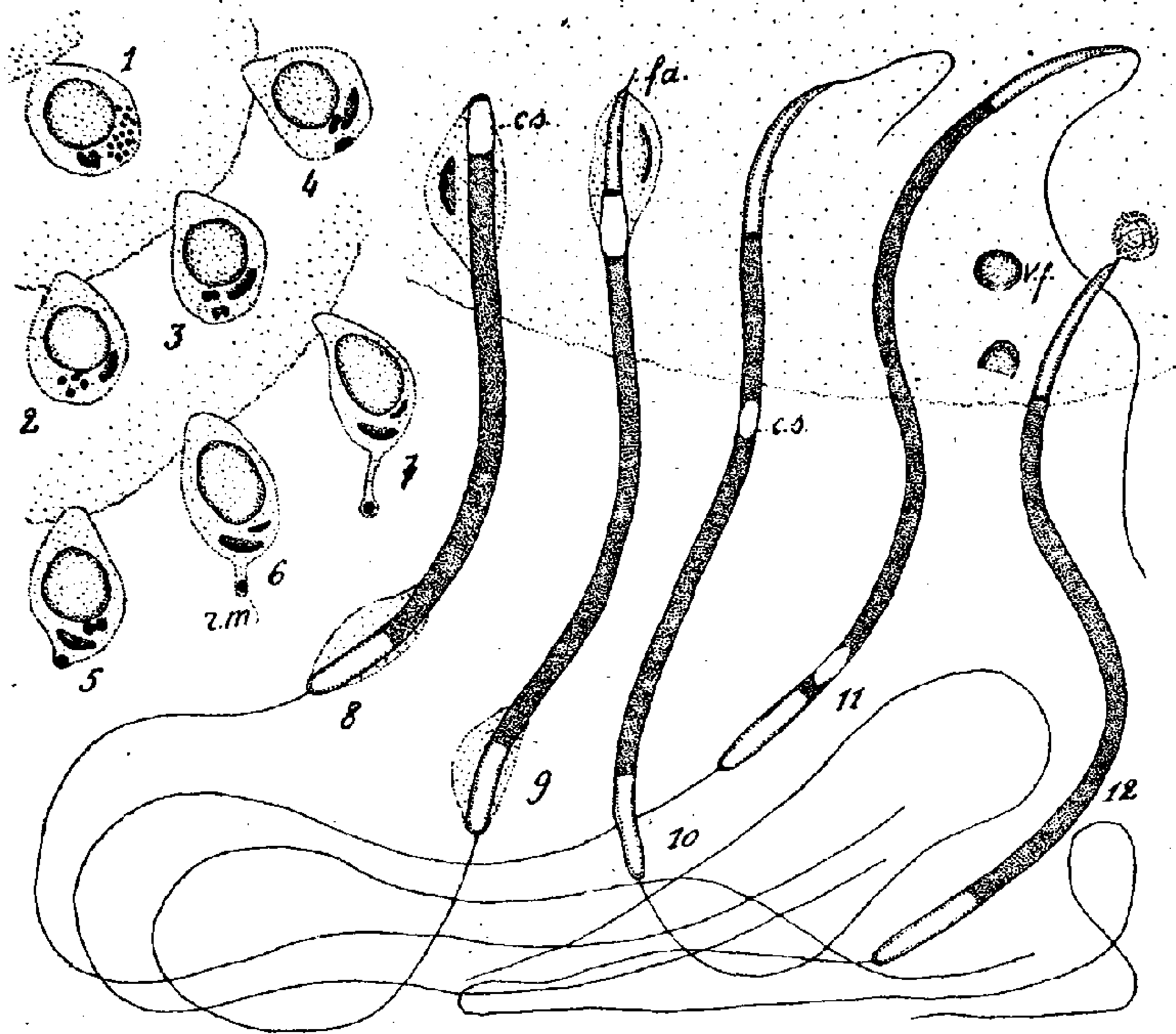
L'autre groupe subsiste au pôle postérieur du noyau et formera cette pièce avec les centrosomes postérieurs. Cette élimination mitochondriale était passée inaperçue.

Flagelle acrosomien. — Champy (1913) a décrit chez la Salamandre, le Triton et l'*Alytes* un spirostyle, bâtonnet filiforme situé dans l'axe du noyau et se prolongeant dans l'acrosome sans le dépasser en avant. En 1924, Champy voit au contraire ce spirostyle très allongé et prolongeant la pointe de l'acrosome jusqu'au noyau de la cellule de Sertoli.

P. Grassé (1929), chez l'*Alytes*, retrouve ce filament, qu'il qualifie de flagelle antérieur. En réalité il y a à distinguer dans la tête des spermatozoïdes deux formations différentes : *a*. le flagelle intranucléaire (ou spirostyle, qui peut être parfaitement rectiligne); il s'insère comme le flagelle caudal sur l'un des centrosomes postérieurs; *b*. le flagelle acrosomien (ou stéréocil de Duboscq et Grassé 1933) s'insérant sur le centrosome antérieur à la base de l'acrosome.

Le flagelle antérieur du Lombric est l'équivalent du stéréocil de Duboscq et Grassé. Mais il est ici très développé. Il équivaut tout à fait par sa longueur, son calibre et la souplesse de son attitude au flagelle postérieur ou caudal, à tel point qu'il faut y regarder de très près pour ne pas s'exposer à inverser l'orientation de la spermie à ce stade, l'acrosome pouvant être confondu avec la pièce intermédiaire et le flagelle acrosomien avec le flagelle caudal. Nous n'avons jamais vu le flagelle acrosomien mobile, ce qui peut tenir au fait qu'il est englué dans la masse du cytophore.

Ce flagelle est éphémère. Il pousse au moment où l'acrosome atteint sa structure définitive et où le reliquat cytoplasmique commence à s'effacer, et il se résorbe après que le reliquat a disparu et alors que les spermies sont encore fichées dans le cytophore. Sa disparition s'effectue par un peloton-



Lumbricus terrestris. — 1-7, spermatides; reliquat mitochondrial *r. m.*; 9, 10, 11, 12, évolution du flagelle acrosomien, *f. a.*; vestige flagellaire *v. f.*; 8, 9, 10, 11, 12, évolution du corpuscule sporoïde, *c. s.*

nement qui aboutit à la formation, à la pointe de l'acrosome, de petites balles basophiles qui seront elles-mêmes assez rapidement résorbées. Hesse, qui a vu ces balles, les a interprétées comme résultant de la condensation de la substance du cytophore à ce niveau.

L'existence d'un flagelle acrosomien chez des formes aussi éloignées que le sont les Batraciens et les Oligochètes suggère que cette formation doit être beaucoup plus répandue qu'on ne pouvait le supposer.

Corpuscule sporoïde. — Très peu avant que se forme l'acrosome en avant

et au contact du centrosome antérieur, on voit se former, au contact et en arrière de celui-ci, une capsule cylindrique faiblement acidophile comme l'acrosome lui-même. Cette capsule se raccourcit d'abord sensiblement et fixe sa longueur à $2^{\mu},5$. Au fur et à mesure que la spermie mûrit, on la voit cheminer le long du noyau spermatique, dans lequel elle est marquée par un espace clair tout à fait analogue à celui que font dans le corps bacillaire les spores des bactéries. L'illusion s'accentue du fait de la réfringence de la capsule. Arrêté au contact de la pièce intermédiaire, ce sporoïde se résorbe.

C'est, à notre connaissance, la première fois qu'une telle formation est observée dans une spermatogenèse, et c'est là une condition peu favorable à son interprétation. Nous remarquons que toutes les spermies d'un même cytophore ne la présentent pas, quoique sa formation soit à peu près simultanée. Nous apprécions grossièrement à 50 % le nombre de ceux qui la présentent et pensons qu'elle pourrait être liée à une des deux catégories de spermies qui déterminent le sexe de l'œuf fécondé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

É. de Wildeman. *Études sur le genre* Coffea *L. Classification, caractères morphologiques, biologiques et chimiques, sélection et normalisation.*

Mme Vve **Pierre Weiss** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de M. Pierre Weiss.

MM. **Charles Killian**, **Henri Onde**, **Jean Ville** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

M. **Henri Grouiller** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été attribuée sur la *Fondation Loutreuil* en 1940.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur les piles symétriques*. Note de M. **Paul Renaud**.

Des raisons théoriques m'ont conduit à étudier des piles qui soient aussi symétriques que possible. Des expériences ont été faites sur des piles symétriques constituées par des électrodes de cuivre et une solution de sulfate de cuivre saturée ou non, ou bien fer, sulfate ferrique; platine, chlorure de platine; tantale, acide chlorhydrique dilué. Les mesures étaient faites avec un microampèremètre de 100 ohms, qui indique la mise en jeu de 3.10^{-4} microgramme de cuivre, représentant une couche monomoléculaire étendue sur $0^{mm^2},14$. On pouvait donc percevoir aisément les actions subies par une couche monomoléculaire, même localisée sur une petite fraction de la surface, telle que les angles. Cette indication présente les avantages et les inconvénients des méthodes très sensibles. Elles donnent un grand nombre d'indications et sont difficilement rendues fidèles, mais, si l'on y parvient, elles sont susceptibles de fournir des renseignements qu'aucune autre méthode n'a pu donner avant elles; c'est pourquoi il m'a paru intéressant de chercher dans quelles conditions ces indications sont fidèles.

En plongeant et replongeant plusieurs fois une même électrode, on obtient un courant qui croît d'une plongée à l'autre, ce qui pourrait être attribué à l'air. En essuyant l'électrode avant de la réintroduire, on obtient un courant plus intense, qui pourrait être connexe de phénomènes capillaires.

Tous ces courants forment un ensemble de phénomènes mal définis, peu reproductibles, que je me suis efforcé de préciser.

Pour séparer les facteurs qui les déterminent, j'ai éliminé autant que possible l'action de l'air, en travaillant dans le vide. L'eau de la solution était distillée, à basse température, dans un bon vide, pour éliminer l'air dissous, et condensée au contact du sulfate de cuivre ou de fer. L'appareil, fermé, laissait rentrer moins d'une microatmosphère par jour. Je laissais réchauffer l'eau au contact du sulfate en excès. Il se formait une solution saturée, l'équilibre s'établissait et la solution était congelée au moyen de carboglace. Laissant rentrer l'air, j'introduisais les électrodes de cuivre ou de fer nettoyées par un polissage grossier. L'appareil était alors vidé pendant quelque temps puis fermé et je laissais la solution se réchauffer. Une électrode plongeait dans la solution, l'autre était suspendue à un fil enroulé sur un axe que l'on pouvait tourner de l'extérieur.

Lorsque l'équilibre de température et de concentration était établi, l'électrode était plongée dans le liquide et je déterminais la valeur du courant établi dans le microampèremètre, en fonction du temps. Puis je retirais l'électrode et recommençais l'expérience.

Résultats. — Les résultats sont beaucoup plus constants dans le vide que dans l'air. Les courants produits avec le fer sont bien plus considérables que ceux fournis par le cuivre, mais, les solutions neutres étant moins stables, les phénomènes sont plus compliqués, c'est pourquoi je n'ai travaillé qu'avec le cuivre.

L'électrode mobile est reliée au pôle négatif de l'ampèremètre. La première plongée donne une intensité instantanée qui est trois ou quatre fois plus grande que les suivantes, mais les dix plongées suivantes donnent des résultats qui sont pratiquement identiques. Au cours de chacune d'elles le courant diminue rapidement d'intensité. On obtient environ 22 microampères et l'intensité diminue de moitié en 3 minutes, ce qui correspond à la mise en jeu de $1^{\mu gr},5$ de cuivre, qui, en couche monomoléculaire, couvre une surface de 7^{cm^2}, qui est approximativement celle de l'électrode utilisée.

Si on laisse les électrodes plonger dans le liquide pendant 20 heures et que l'on reprenne la série des expériences, on trouve une intensité de 5 microampères qui diminue de moitié en quelques secondes. Si on laisse à nouveau les électrodes en plongée pendant 20 heures, on n'obtient plus qu'un microampère par plongée.

Dans une autre série d'expériences, j'ai laissé rentrer l'air progressivement. Les résultats ne sont pas influencés de façon appréciable, tant que la pression de l'air n'atteint pas la tension de vapeur de l'eau. Au delà, il se présente un changement important, mal défini, qui peut aller jusqu'à l'inversion du courant.

Conclusion. — On peut rendre constants les courants fournis par une pile symétrique. Deux phénomènes distincts se manifestent alors. Une différence de potentiel apparaît par extraction et réintroduction de l'électrode mobile; elle est due à des phénomènes capillaires ou bien à l'apparition d'une pile de concentration, par formation, à la surface de l'électrode mobile, d'une mince couche liquide qui aurait une concentration différente de celle de la solution, même en l'absence d'air. Au cours du temps, lorsque l'on multiplie les plongées, ce phénomène s'atténue, ce qui met en évidence une action chimique de la solution sur les électrodes.

Les faibles énergies mises en jeu dans ces phénomènes permettent

d'utiliser des appareils électriques de grande sensibilité, susceptibles de mettre en évidence des actions très légères, qui ont pu échapper aux autres moyens d'investigation.

OPTIQUE. — *Action de liquides absorbés par des solides sur leurs pouvoirs réflecteurs dans l'infrarouge proche.* Note de M. **Maurice Déribéré**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans l'étude des facteurs de réflexion et de transmission de l'infrarouge dans les solides faite à diverses reprises, il semble que l'on ait laissé dans l'oubli l'examen des solides accompagnés d'une phase liquide.

La présence de liquide dans un solide conduit cependant à un comportement sensiblement différent de ce solide dans l'infrarouge. Avec la lampe Mazda et les appareils signalés dans notre Note du 1er septembre, nous avons fait des mesures de réflexions sous angle aussi faible que possible (25°) et comparativement avec un étalon à l'oxyde de zinc réfléchissant 84 % de la radiation.

On constate que des poudres minérales mouillées ont un pouvoir réfléchissant de l'infrarouge proche et de séchage nettement diminué. Ce pouvoir décroît quand la teneur en eau augmente, d'abord très vite, puis de plus en plus lentement en tendant vers une valeur asymptotique qui peut être considérée comme correspondant au pouvoir réflecteur d'une boue liquide de la poudre considérée. Lorsque l'excès d'eau devient notable les mesures n'ont plus de sens, car elles se font sur une couche liquide plus ou moins séparée de la phase solide.

Le tableau ci-dessous donne quelques-uns de nos résultats.

Pouvoir réflecteur (en %) de poudres fines pour diverses teneurs en eau.

Teneurs en eau (%)	0.	0,5.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Oxyde de zinc ZnO	84	76	68	59	58	56	55	54	54	54	54
Kaolin pur	72	65	60	50	43	38	33	31	30	29	29
Silice précipitée	66	56	48	35	28	25	22	21	20	20	20
Sable fin de Fontainebleau	61	52	42	30	22	20	18	15	14	13	12
Bleu de Prusse	22	20	16	10	8	6	4	3	2	2	–
Graphite fin	8	3	1	0,5	0,5	0,5	–	–	–	–	–

Ceci montre que, dans les mesures de pouvoir réfléchissant d'une poudre, il ne faut travailler que sur une substance bien sèche. Le rôle de l'eau incluse est important, même pour une teneur très faible; ce rôle est

sensiblement plus important que vis-à-vis de la réflexion de la lumière visible.

Si l'eau est remplacée par un liquide quelconque l'influence de la phase liquide est toujours nette, mais elle peut varier avec la nature du liquide. Le tableau ci-dessous met ce fait en évidence, à titre d'exemple pour quelques liquides inclus dans un même solide, qui est ici une alumine précipitée pure de réflexion 82 % pour la radiation infrarouge envisagée.

Pouvoir réflecteur (en %).

Teneur % de liquide mouillant	0.	0,5.	1.	2.	3.	5.
Eau	82	68	62	60	60	–
Eau de savon	82	65	60	55	–	–
Alcool éthylique	82	72	66	64	63	61
Toluène	82	66	61	57	55	52
Tétrachlorure de carbone	82	72	66	63	62	60

Ces essais mettent ici en évidence l'intervention d'une nouvelle donnée, qui est le pouvoir mouillant de la phase liquide. La diminution du pouvoir réflecteur à quantité égale de liquide inclus est d'autant plus grande que la poudre est mieux mouillée.

Au point de vue des applications pratiques ces faits seront importants à connaître dans les calculs d'installations de séchage des poudres par rayonnement infrarouge. C'est le pouvoir réflecteur dans les conditions de travail et non à sec qui interviendra.

Vis-à-vis des substances solides massives le rôle des liquides est tout aussi important. Un cuir mouillé est moins réfléchissant et plus absorbant pour l'infrarouge qu'un cuir sec. Il en est de même des cartons et papiers chargés. Avec des feuilles superposées de papier de soie, papier Joseph, papier transparent, on peut observer un autre phénomène. Accolées et mouillées, les feuilles présentent une transparence sensiblement plus grande qu'un même nombre de feuilles sèches superposées. C'est que, dans ce cas, on réalise une immersion optique dont l'effet est plus marqué que l'opacité supplémentaire apportée par l'eau incluse.

Dans les études des solides dans l'infrarouge il faudra toujours tenir compte, en conséquence, de la présence possible de faibles quantités de liquides inclus.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Une démonstration directe de la désintégration spontanée du méson.* Note de MM. **Pierre Auger**, **Roland Maze** et **Robert Chaminade**, présentée par M. Charles Maurain.

1. Les particules qui constituent le groupe pénétrant des rayons cosmiques, si elles sont identifiables avec le *quantum lourd* de Yukawa, doivent se désintégrer spontanément en un neutrino et un électron, après une vie très courte, de l'ordre de quelques microsecondes en moyenne. Une démonstration indirecte de cette radioactivité du méson a été basée par Heisenberg et Euler et par d'autres auteurs sur les anomalies d'absorption des rayons cosmiques pénétrants : l'absorption apparente des mésons dans les milieux de faible densité, somme de l'absorption vraie et de la disparition au cours du temps, est relativement plus grande que celle subie dans les milieux de forte densité, où les trajets parcourus sont plus courts. D'autre part Williams a obtenu, par la méthode de Wilson, des clichés de fins de parcours de mésons, et a noté la présence d'une trajectoire qui peut être celle de l'électron de décomposition. Il nous a semblé utile d'ajouter à ces démonstrations une expérience utilisant la technique des coïncidences entre compteurs et mettant en évidence, de la façon la plus simple possible, cette radioactivité du méson.

2. Un faisceau de particules pénétrantes est défini par un système de deux compteurs horizontaux parallèles superposés, séparés par un filtre de plomb de 10^{cm}, et montés en coïncidences. Le choc de coïncidence de ces compteurs 1 et 2 signale le passage de chaque méson, soit environ 5000 par heure dans notre expérience. Au-dessous du compteur 2 est disposée une masse de plomb de quelques centimètres d'épaisseur, dans laquelle s'arrêtent quelques-uns des mésons du faisceau (environ 1 %) qui se trouvent arriver à fin de parcours. Ces mésons arrêtés subissent la désintégration en émettant, après des temps variables suivant une loi de probabilité exponentielle, un neutrino et un électron présentant une énergie cinétique d'environ 40 MeV. Ces électrons sont capables de sortir du plomb et certains d'entre eux traversent un troisième compteur disposé hors du faisceau de mésons, dans le voisinage immédiat de la masse de plomb. Ils donnent alors, dans ce compteur 3, un choc qui est en retard par rapport à la coïncidence entre 1 et 2, due au méson. L'appareil sélecteur qui confrontera les coïncidences 1-2 avec les chocs 3 recevra alors :

1° des chocs au hasard des compteurs 1-2 et du compteur 3;

2° des chocs simultanés, coïncidences vraies entre les chocs 1-2 et les chocs 3 dues à des gerbes prenant naissance dans l'air ou dans les objets voisins des appareils;

3° des chocs 1-2 (coïncidences dues au passage d'un méson) suivis de chocs dans 3 (électron de décomposition) après des temps variables de zéro à quelques microsecondes.

Les chocs au hasard ne donnent pas lieu à un nombre important de coïncidences si les appareils présentent un pouvoir séparateur suffisant : dans le cas de nos appareils, moins de 1 choc pour 1000 heures. Les coïncidences vraies peuvent être éliminées si l'on introduit un retard systématique supérieur au temps de résolution dans la transmission de la coïncidence 1-2 jusqu'à l'appareil sélecteur. Ce retard peut être réglé avec une précision inférieure à la microseconde avec un dispositif décrit ailleurs [1]. L'introduction de ce retard permet en même temps de réaccorder dans le temps certains des chocs de 1-2 dus aux mésons à fin de parcours avec les chocs de 3 dus à leurs électrons de décomposition. On peut ainsi enregistrer sous forme de coïncidences les désintégrations dans le plomb des mésons pour lesquelles la durée de vie était égale au retard introduit à priori, et qui ont donné un électron convenablement dirigé pour toucher le compteur 3.

3. L'expérience réalisée suivant le schéma décrit ci-dessus prête à une objection, en raison d'une observation faite par nous-mêmes et par d'autres auteurs, et qui montre que les compteurs ne répondent pas toujours au passage des particules ionisantes après le temps de relaxation normal, mais parfois (très rarement d'ailleurs) avec des retards qui peuvent dépasser le temps de résolution des sélecteurs. On pourrait éviter cet inconvénient par l'emploi de deux compteurs en coïncidences à la place du compteur simple 3, mais les angles solides utiles deviennent trop petits. Le plus simple est de croiser des expériences faites en présence de la masse de plomb où s'arrêtent les mésons, et en l'absence de cette masse. Les chocs retardés fortuits décrits plus haut sont en même nombre dans ces deux cas, tandis que les chocs de désintégration ne sont présents que dans le premier, des chances d'arrêt d'un méson dans l'air étant très faibles. Il faut seulement que la différence des nombres observés soit suffisante pour être significative.

4. L'expérience a été faite avec un sélecteur d'un pouvoir de résolution

(1) ROLAND MAZE, *Thèse*, Paris, 1941.

égal à $\pm 1,2.10^{-6}$ sec. Le retard introduit sur le trajet de la coïncidence 1-2 était égal à $2,5.10^{-6} \pm 1.2.10^{-6}$ sec de sorte que les chocs se produisant sur 1-2 et sur 3 à des intervalles vrais allant de $1,3.10^{-6}$ à $3,7.10^{-6}$ sec, donnaient seuls une coïncidence. Poursuivies pendant plus de 2000 heures au total, tantôt avec la masse de plomb, tantôt avec une masse d'aluminium [2], tantôt sans rien, les expériences ont été réparties sur six séries obtenues avec des dispositions géométriques assez différentes. Les six séries ont toutes donné un résultat positif, le nombre de chocs sans masse d'arrêt étant de 21 chocs pour 971 heures, et de 85 en 1226 heures avec masse, soit $0,216 \pm 0,05$ et $0,69 \pm 0,01$ chocs pour 10 heures en moyenne. Après une discussion des conditions techniques, qui sont très délicates, nous estimons que ce résultat démontre directement la désintégration du méson [3].

5. Si l'on voulait tirer de cette expérience une évaluation de la durée de vie du méson au repos, il faudrait estimer le nombre des mésons arrêtés dans la masse de plomb, et les chances pour que l'électron de décomposition passe dans le compteur 3. Cette évaluation étant difficile, il est préférable de faire plusieurs mesures avec des retards systématiques de différentes valeurs. Ces mesures sont en cours à l'heure actuelle.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur le polissage du zinc. Applications cristallographiques.* Note de MM. **Laurent Capdecomme** et **Marcel Orliac**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons eu à tailler et polir des cristaux de zinc pour étudier leurs propriétés optiques. Afin d'éviter les inconvénients de l'écrouissage, de l'oxydation superficielle, des anisotropies accidentelles [1] dus au polissage mécanique, nous avons eu recours à un finissage anodique.

---

(2) L'aluminium est plus avantageux que le plomb, ce qui s'explique parce que l'absorption des mésons se fait à peu près proportionnellement au numéro atomique, tandis que celle des électrons présente un facteur proportionnel au carré de ce nombre.

(3) Depuis que ces expériences sont commencées nous avons eu connaissance d'un travail de Rasetti (*Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 706), qui contient la description d'une méthode assez voisine de la nôtre, quoique moins directe, avec également des résultats positifs.

(1) L. Capdecomme, *Bull. Soc. fr. Min.*, 63, 1940, p. 57.

Électrolyse en solution de potasse. — Vernon et Stroud ont décrit une méthode de polissage anodique du zinc ([2]). L'électrolyte est une solution de potasse à 25 %. La courbe $v = f(i)$ (v, différence de potentiel entre les bornes de la cuve; i, intensité du courant) a la même forme que les courbes construites par Jacquet ([3]) dans le polissage anodique du cuivre : A. i croît d'abord à peu près proportionnellement à v; B. i décroît ensuite brusquement, puis se stabilise tandis que v augmente; C. i croît enfin à peu près linéairement en fonction de v. Le polissage se produirait dans le palier B; un dégagement gazeux d'oxygène a lieu sur l'anode dans le régime B.

En nous plaçant dans les conditions expérimentales indiquées par les auteurs, nous avons bien retrouvé la courbe décrite. Cependant le polissage ne s'est produit pour aucun des trois régimes A, B, C. En A, de l'hydroxyde de zinc apparaît sur l'anode; en B, l'anode se recouvre entièrement d'oxyde brun très adhérent; en C, l'anode est décapée, mais le dégagement gazeux crée un relief n'ayant rien de commun avec le poli des surfaces de cuivre obtenues par le procédé Jacquet.

Pour les diverses intensités i, nous avons déterminé les tensions a de l'anode en fonction d'une électrode auxiliaire de zinc pur. La courbe $v = f(i)$ se déduit pratiquement de la courbe $a = f(i)$ par une translation vers les v positifs. La forme de ces courbes est donc essentiellement liée aux transformations superficielles de l'anode et non pas à la formation de couches résistantes. (Nous avons d'ailleurs fait la même observation dans le polissage anodique du cuivre.)

Le polissage anodique du zinc dans le palier de la courbe $v = f(i)$ paraît ainsi en contradiction avec l'existence même de ce palier conditionnée par la formation d'une couche adhérente d'oxyde sur l'anode. (Dans le polissage du cuivre, au contraire, le palier débute avec la disparition d'une couche d'oxyde sur l'anode et la mise à nu du métal.)

Électrolyse dans l'acide perchlorique, en milieu acétique. — Nous avons pu mettre au point un procédé de polissage du zinc par un mélange d'acide perchlorique et d'acide acétique (100 parties d'acide perchlorique, *d* 1,479, et 900 parties d'acide acétique cristallisable). Le dispositif expérimental est le même que pour le polissage de l'aluminium ([4]). Le poli

([2]) *Nature*, **142**, 1938, p. 477 et 1161.
([3]) *Bull. Soc. Chim. de France*, 5e série, **3**, 1936, p. 705.
([4]) P. Jacquet, *Mét. et Corr.*, **13**, 1938, p. 86.

apparaît pour un régime où l'intensité i se stabilise en fonction de la différence de potentiel v. La densité de courant est toujours voisine de 15 ampères par dm^2. Elle est sensible à l'orientation cristallographique des sections à polir.

Les solutions trop concentrées en acide perchlorique attaquent le zinc et déposent sur celui-ci un film blanchâtre, peu adhérent, de perchlorate.

Propriétés optiques du zinc. — Nous avons examiné, avec le microscope polarisant ([5]), diverses sections polies d'un monocristal et obtenu les résultats suivants : 1° le zinc est optiquement positif ($R_0 < R_e$); 2° l'anisotropie des sections contenant l'axe sénaire communique, par réflexion normale, à la lumière polarisée, des rotations atteignant 4°; 3° l'anisotropie est une fonction croissante de la longueur d'onde. Mais il est à noter que les couches d'hydroxyde blanc dues, par exemple, au polissage mécanique, peuvent inverser le sens de dispersion de l'anisotropie.

Films d'oxydes. — Les films d'oxyde et d'hydroxyde que nous avons produits sur le zinc dans l'électrolyse des solutions de potasse ont des orientations cristallographiques dépendant nettement de celles des supports.

Au régime A, les sections $(10\bar{1}0)$ se recouvrent plus facilement d'hydroxyde que les sections (0001). Les directions principales du film sont confondues avec celles du support.

Au régime B, les films d'oxyde brun présentent tous les caractères optiques de la zincite : couleur, absence de pléochroïsme, biréfringence. Ceux qui apparaissent sur les sections (0001) sont optiquement isotropes; ceux qui naissent sur d'autres sections ont encore leurs directions principales confondues avec celles du support; les films reposant sur une section de zinc contenant l'axe sénaire sont les plus biréfringents.

Nous avons observé des phénomènes analogues d'orientations mutuelles dans d'autres actions électrochimiques (films de ténorite sur cristaux de cuivre) et dans des réactions purement chimiques (*Ex.* films déposés sur la stibine par des mélanges chromiques).

([5]) L. Capdecomme, *Bull. Soc. fr. Min.*, 63, 1940, p. 19.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur un alcaloïde à action excito-respiratoire.* Note (¹) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

D'une *drogue neuro-sédative* qui avait été mise à notre disposition par M. Lafage et qui, comme nous l'a appris l'examen histologique, consistait exclusivement en fragments de rhizomes d'une plante de la famille des Nymphéacées, nous avons pu extraire un alcaloïde dont nous ferons connaître les caractères chimiques dès que nous aurons pu les comparer avec ceux des bases incomplètement connues qui ont été déjà trouvées dans cette famille : nupharine de W. Gruning [2] préparée à nouveau par Goris et Crété [3] puis séparée par Modrakowski et ses élèves, d'abord en nupharines A et B [4] puis en nupharines A, B et C [5], alcaloïde cristallisé du *Nelumbium speciosum* Wild. [6], nélombine [7], nupharidine [8], nélombine de J.-P. Guillon [9], nymphaéine [10], enfin α-nupharidine [11]. Notons seulement ici que l'alcaloïde isolé par nous communique au réactif de Wasicky les mêmes réactions colorées que la nupharine [12].

L'alcaloïde que nous avons préparé est doué d'un pouvoir excito-respiratoire bien marqué et très durable. Le tracé que nous reproduisons ici montre qu'après l'injection de 8^{mg} de cet alcaloïde par kilogramme, les contractions respiratoires ont, dans une première période, augmenté à la fois en fréquence et en amplitude; dans une seconde phase, elles ont conservé un rythme très accéléré mais sont revenues à leur amplitude

---

(1) Séance du 8 septembre 1941.

(2) *Pharmaceut. Zeitschr. f. Russland*, 23, 1883, pp. 115-120.

(3) *Bull. des sc. pharmacol.*, 17, 1910, pp. 13-15.

(4) *Bull. de l'Acad. polon. des sc. et des lettres, classe méd.*, 1935, pp. 539-548; 1936, pp. 61-71.

(5) J. Modrakowsky, lettre inédite du 22 août 1938.

(6) M. Greshoff, *Mededeel. uit's Lands Plantentuin*, 25, 1898, pp. 28-29.

(7) Boorsma, *ibid.*, 31, 1899, p. 64-70.

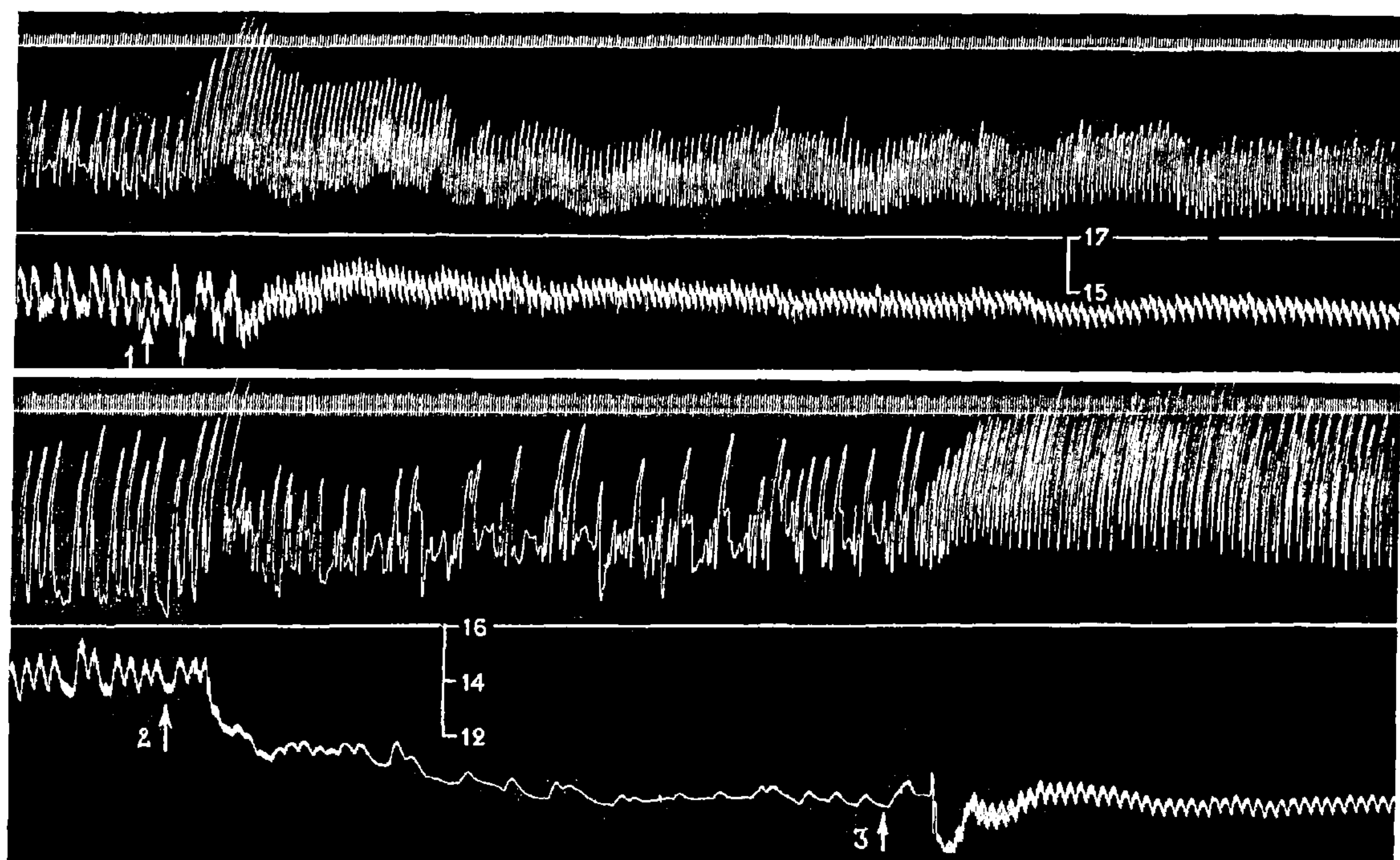
(8) J. Arima et B. Takahashi, *Journ. chem. Soc. Japan*, 52, 1931, pp. 815-817.

(9) *Contribution à l'étude historique, botanique et chimique du* Nelumbium speciosum *Wild.* (*Thèse doct. pharm., Lyon*, 1933).

(10) E. Bures et M. Hoffmann, *Casopisu Ceskoslovenskeho Lekarnictva*, 14, 1934, pp. 129-135; 15, 1935, pp. 223-226 et 243-247.

(11) O. Achmatowicz et M. Mollowna, *Roczniki Chem.*, 19, 1939, pp. 493-506.

(12) Raymond-Hamet, *Bull. des Sc. pharmacol.*, 33, 1926, p. 451.



Expérience du 23 *mars* 1940. — Chien ratier à poils ras de 6^{kg}, anesthésié par le chloralose (14^{cg} par kg). 1e et 4e lignes : temps en secondes. 2e et 5e lignes : contractions respiratoires enregistrées au moyen de l'explorateur de la pulsation cardiaque de Marey. 3e et 6e lignes : variations de la pression carotidienne enregistrées par le manomètre à mercure. Aux points marqués par les flèches, on a injecté, en 1 et en 3, 48^{mg} de notre alcaloïde dissous, après neutralisation par l'acide chlorhydrique dilué, dans 24^{cm^3} de soluté physiologique de chlorure de sodium; en 2, 30^{mg} de chlorhydrate de morphine en solution dans 6^{cm^3} du même soluté. Tracés réduits d'un tiers.

initiale; enfin, dans un troisième stade, elles se sont très fortement amplifiées en même temps que leur fréquence redevenait à peu près ce qu'elle était avant l'injection.

Si on injecte à l'animal ainsi traité la dose de chlorhydrate de morphine (5^{mg} par kilogramme), qui produit chez le chien chloralosé normal une très forte bradypnée aboutissant le plus souvent à une apnée définitive, on n'observe qu'un ralentissement et qu'une diminution de l'amplitude des contractions respiratoires. Une nouvelle injection de 8^{mg} de notre alcaloïde par kilogramme pratiquée à ce moment provoque une polypnée très marquée qui s'accompagne d'une augmentation de l'amplitude des mouvements respiratoires.

Comme on peut le voir sur le tracé ci-dessus, notre alcaloïde n'a, aux doses où nous l'avons employé, qu'assez peu d'influence sur la pression artérielle.

Ajoutons que, bien qu'elle ait toujours été tenue pour physiologiquement inactive, la nupharine possède elle aussi une activité excito-respiratoire qui nous a toutefois paru moins puissante que celle de notre alcaloïde.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 22 SEPTEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS BOUVIER.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *Sur les domaties des feuilles de Juglandacées.* Note de MM. **Auguste Chevalier** et **Francis Chesnais**.

L'un de nous (A. C.), ayant été amené récemment à faire la révision des Juglandacées de l'Herbier du Muséum, a constaté que toutes les espèces de cette famille présentent habituellement des domaties à la face inférieure des folioles, domaties situées à l'aisselle des nervures secondaires et de la nervure médiane, sauf dans le genre *Oreomunnea* C. D. C. de l'Amérique centrale, qui porte des domaties en ourlet sur les bords du limbe.

A. N. Lundstroëm, qui a donné le nom de *domaties* à de petits organes qui se trouvent habituellement à la face inférieure des feuilles à l'angle situé au confluent de deux nervures et qui ont, suivant les genres, la forme de petits pertuis, de boutonnières, de touffes de poils etc., avait déjà signalé ces organes chez les Juglandacées, *Juglans regia* L., *J. pyriformis* Lieb., divers *Carya* et *Pterocarya caucasica* Mey., mais il n'en avait pas fait connaître la structure.

Divers botanistes, L. Marchand, O. Penzig et C. Chiabrera, E. De Wildeman etc., s'en sont occupés pour d'autres familles et ont émis l'opinion que « ces domaties ont comme fonction de servir de refuge et de domicile à des Acariens », d'où le nom d'*acarodomaties* qu'on leur a donné.

Au cours de ses voyages, l'un de nous (A. C.) a constaté que ces organes existent sur un grand nombre de Dicotylédones (arbres et arbustes) des régions tropicales, spécialement dans la grande forêt dense; il s'en trouve

aussi sur les feuilles de certaines lianes Monocotylédones semi-herbacées (*Dioscorea*), mais ces domaties y ont une autre forme.

Divers arbres de nos pays, spontanés ou cultivés, présentent aussi des domaties. Aux espèces signalées par Lundstroëm, on doit en ajouter beaucoup d'autres.

Ces domaties existent souvent sans que l'on trouve sur les feuilles des traces d'Acariens. Il est donc certain que leur développement n'est pas provoqué par l'irritation, le liquide ou le virus inoculé par quelque organisme vivant, ainsi que cela a lieu pour les *cécidies*.

Ces organes ont bien une valeur systématique; le caractère est héréditaire et propre à certaines espèces, à certains genres, mais, dans une espèce ou un genre offrant habituellement des domaties, il peut arriver que certains individus ou parties d'individus (des clones) n'en renferment pas, tandis que d'autres individus en sont richement pourvus.

Pour un groupe de plantes (genre ou famille) la forme des domaties est habituellement assez uniforme; parfois même elle est spécifique ou spéciale à certaines variétés d'une espèce (par exemple dans les *Coffea* L.).

Après examen d'un grand nombre de végétaux domatifères, nous avons été amenés à classer ces organes de la manière suivante :

1° *domaties en pinceau*, caractérisées par l'existence d'une touffe de poils plus ou moins fournie;

2° *domaties en pertuis;* il existe une perforation en boutonnière ou en disque faisant communiquer l'extérieur avec une crypte plus ou moins développée, garnie ou non de poils à l'intérieur, et pilifère ou non à l'extérieur sur les bords du pertuis;

3° *domaties en pochette;* elles se montrent sous forme de petites poches s'insinuant sous la nervure médiane même, à la jonction des nervures secondaires; il existe ainsi une sorte de renfoncement dans le tissu foliaire de l'aisselle des nervures; l'entrée de cette anfractuosité est pileuse ou non;

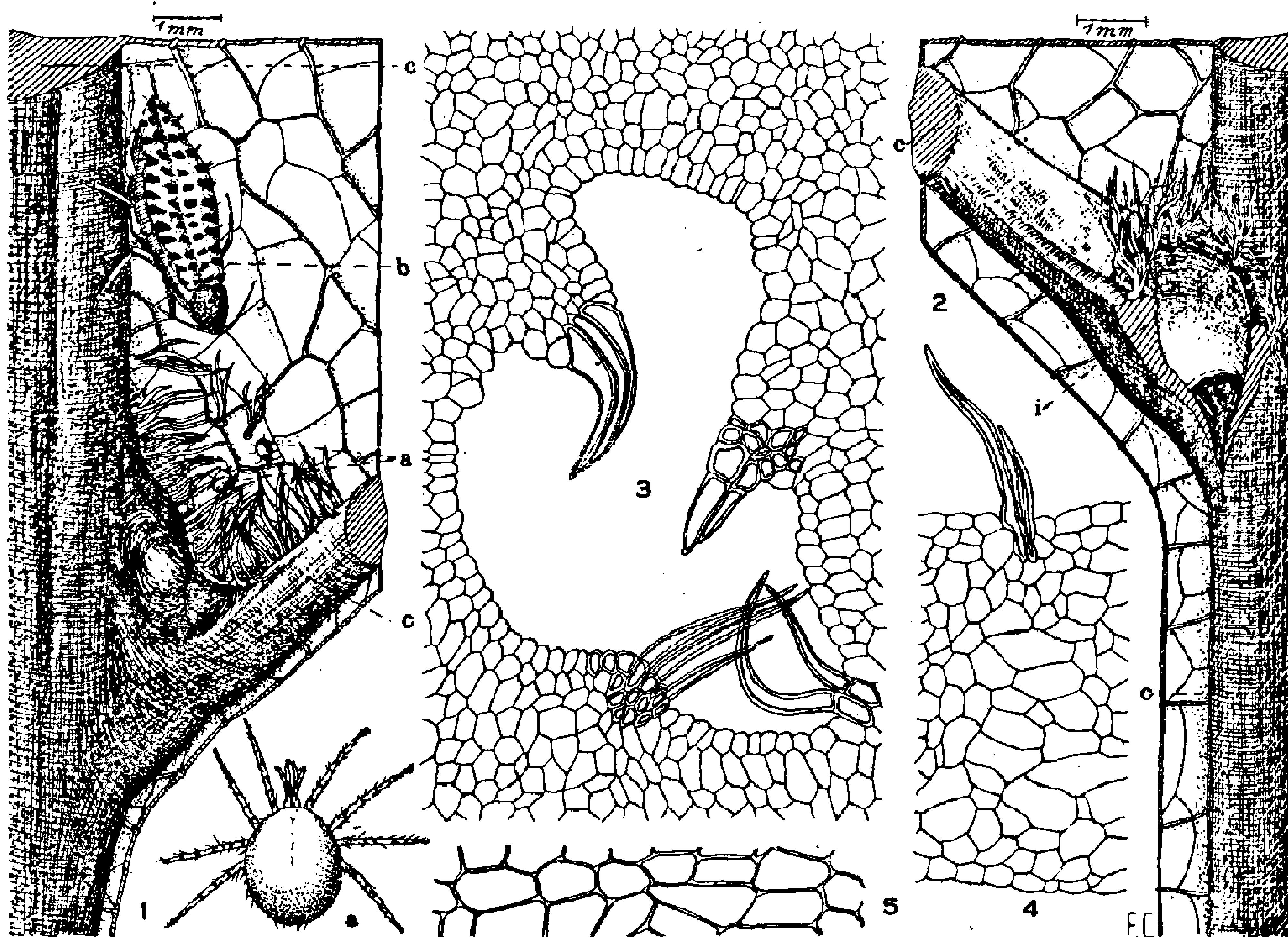
4° *domaties en ourlet;* les bords du limbe sont repliés en ourlet sur la face inférieure du limbe; dans certaines espèces l'ourlet est à la partie inférieure du limbe, près de l'insertion du pétiole; dans d'autres il est situé à l'extrémité de la feuille, dans l'acumen.

Presque toutes les espèces de Juglandacées que nous avons examinées (près d'une cinquantaine) portent des domaties appartenant aux quatre types ci-dessus. Les domaties en pinceau ou en pochette sont les plus fréquentes dans les genres *Juglans* L. et *Pterocarya* Kunth. Dans les genres

Carya Nutt., *Platycarya* S. et Z. et *Engelhardtia* il existe, outre des domaties en pinceau, parfois des pertuis ou des pochettes.

Le genre *Annamocarya* Chev. d'Indochine porte des domaties en pinceau. Enfin *Oreomunnea pterocarpa* Oerst. a les bords du limbe repliés en ourlet.

Nous examinerons prochainement les formes les plus remarquables de domaties dans les divers genres. Nous décrivons ci-après les domaties du Noyer commun (*Juglans regia* L.).



Juglans regia L. — 1, domatie grossie vue de face, environnée d'acariens et d'un jeune puceron; 2, domatie incisée montrant l'ouverture; 3, coupe transversale montrant la structure de la crypte; 4, section transversale du nectaire avoisinant l'entrée de la crypte; 5, épiderme de face du nectaire (pas de stomates) : *a*, *Typhlodromus vepallidus* L. C. Koch de l'entrée de la domatie, grossi; *b*, *Chromaphis juglandicola* Kalt.; *c*, nervures; *i*, incision de la domatie.

Chez cette espèce, elles sont généralement bien différenciées et du type en pochette. A la jonction de la nervure principale avec une nervure secondaire, une membrane parenchymateuse réunit les deux côtés de l'angle limité par les nervures, s'insérant à 1 ou 2^{mm} du sommet de cet angle, non brusquement, mais au contraire s'atténuant à la façon d'un nid

accroché à la fourche d'un arbre; en coupe, cette atténuation se révèle par la présence d'un petit mamelon parenchymateux sur le bord de chaque nervure; à un niveau inférieur ces mamelons se rejoignent pour constituer une membrane généralement assez épaisse constituée d'un parenchyme à cellules fréquemment fortement étirées dans le sens transversal (visible sur les coupes tangentielles), gorgées d'eau et réalisant un véritable tissu aquifère; un matériel frais permet de constater que cette membrane est fréquemment bombée à l'extérieur, lisse et brillante; elle constitue une sorte de *nectaire*. En la piquant avec une fine aiguille elle exsude une gouttelette liquide quand la plante est le matin en turgescence.

Cette membrane recouvre une petite cavité limitée d'autre part par le bord des deux nervures adjacentes et la face inférieure du limbe; si la membrane se gonfle et devient convexe, le limbe au contraire s'incurve et tend à devenir concave au point que les domaties se reconnaissent mieux parfois en examinant la face supérieure de la feuille où elles se manifestent par une légère élevure du limbe; il en résulte en dessous une petite niche assez régulière et qui peut, en certains cas favorables, être comparée à un demi-ellipsoïde.

Le bord de la membrane et le bord interne des nervures sont garnis de poils; parfois ceux-ci remontent le long des nervures à 4 ou 5^{mm} de l'ouverture de la domatie; ils peuvent s'insérer aussi à même le limbe et sont alors perpendiculaires à l'orifice; ils croisent et enchevêtrent leurs pointes en une sorte de treillis obstruant plus ou moins complètement l'entrée de la pochette qui a ainsi l'apparence d'une nasse.

Quant aux hôtes des domaties du Noyer, ceux que nous avons observés sur les arbres cultivés à Paris et aux environs sont au nombre de deux. A l'entrée (sur le nectaire ou à proximité), mais toujours en dehors de la pochette, s'observent quelquefois des larves de *Chromaphis juglandicola* Kalt. (= *Aphis juglandicola* Walk.). Mais ce Puceron vit aussi sur d'autres parties de la feuille, et notamment le long des nervures. Enfin un Acarien non phytophage, *Typhlodromus vepallidus* L. C. Koch (détermination de Marc André), *s'observe fréquemment* sur les poils qui bordent la pochette effectuant un va-et-vient de dehors en dedans. Il semble que la domatie peut lui servir de nid, car on observe parfois des œufs à l'intérieur.

Nous nous proposons d'examiner dans une prochaine Note d'autres domaties de Juglandacées et d'en rechercher le rôle et l'origine.

CORRESPONDANCE.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les fonctions méromorphes à caractéristique bornée.* Note [1] de M. **Jacques Dufresnoy**, présentée par M. Gaston Julia.

M. A. Denjoy a fait connaître [2] des résultats remarquables relatifs aux fonctions $w=f(z)$ méromorphes dans le cercle $|z|<1$ et satisfaisant aux deux conditions suivantes :

A. L'aire décrite sur la sphère de Riemann par les valeurs w de la fonction, quand z décrit le cercle $|z|<1$, est bornée.

B. L'ensemble d'accumulation des valeurs w, quand $|z|$ tend vers 1, ne couvre pas toute la sphère.

Moyennant cette dernière hypothèse, M. Denjoy se ramène au cas d'une fonction holomorphe bornée satisfaisant à la condition A. Pour ce cas particulier, il démontre qu'il existe une plénitude E du cercle $\Gamma(|z|=1)$ telle que, si z tend vers un point quelconque a de E en restant dans un *angle d'approximation* [3], $w=f(z)$ tend vers une limite finie unique $b=f(a)$ et $[f(z)-b]/\sqrt{z-a}$ tend vers zéro. On en déduit que $f'(z).\sqrt{z-a}$ tend vers zéro dans les mêmes conditions, d'où mise en évidence immédiate de courbes restant rectifiables dans la transformation $w=f(z)$.

Tous ces résultats s'étendent au cas général.

I. Nous allons d'abord montrer que *la condition* B *n'est pas essentielle.* Pour s'en assurer il suffit d'opérer non plus dans le plan complexe des w, mais sur la sphère de Riemann et d'envisager longueur sphérique des courbes et dérivée sphérique de la fonction au lieu de longueur et dérivée.

---

(1) Séance du 15 septembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1071. L'auteur envisage des fonctions méromorphes *dans une couronne*; il apparaît aussitôt que cette hypothèse, pratique dans la démonstration, n'est pas véritablement plus large que celle formulée ici (fonctions méromorphes *dans un cercle*).

(3) C'est-à-dire un angle ayant pour sommet a, pour bissectrice le rayon passant par a et une demi-ouverture inférieure à $\pi/2$.

Par exemple, on montre facilement (4) que

$$\frac{f'(z)}{1+|f(z)|^2}(1-r)$$

tend uniformément vers zéro quand $|z|=r$ tend vers 1 et aussi, en utilisant la caractéristique $T(r)$ de la fonction $f(z)$, que l'ensemble des points de $|z|=r$ où $|f(z)-w_0|<\varepsilon$ a une mesure infiniment petite avec ε, indépendamment de r.

Pour la démonstration fondamentale, on étudie la longueur sphérique de la transformée de la courbe $c_k(\alpha)$ par la méthode de M. Denjoy, mais en utilisant les dérivées sphériques. On parvient ainsi à la conclusion suivante à partir de la seule hypothèse A :

Il existe une plénitude E de Γ telle que, si z tend vers un point quelconque a de E en restant dans un angle d'approximation, $w=f(z)$ tend vers une limite unique $b=f(a)$ et la distance sphérique $[f(z), b]$ de $f(z)$ à b satisfait à $[f(z), b]=o(\sqrt{z-a})$. D'où les propriétés correspondantes pour la dérivée sphérique et pour les lignes rectifiables sur la sphère de Riemann.

La limite $b=\infty$ ne pouvant être obtenue que pour un ensemble mince de Γ, on voit qu'il exite une plénitude E_1 de Γ pour laquelle on a, dans les mêmes conditions, des limites b finies, les relations $f(z)-b=o(\sqrt{z-a})$ et $f'(z)=o(1/\sqrt{z-a})$, et les propriétés correspondantes pour les lignes rectifiables dans le plan complexe.

Au lieu d'astreindre la variable z à rester dans un angle d'approximation, on peut lui imposer seulement de décrire un chemin présentant avec Γ, au point a, un contact d'ordre maximum inférieur à 1 (5). On mettra encore en évidence une plénitude E aux points de laquelle correspondent des valeurs limites finies b et telles que, si l'ordre maximum de contact est inférieur à $\gamma<1$, on ait :

$$f(z)-b=o\left[(z-a)^{\frac{1}{2}-\frac{\gamma}{2}}\right] \quad \text{et} \quad f'(z)=o\left[(z-a)^{-\frac{1}{2}-\frac{3\gamma}{2}}\right].$$

II. Dans ce qui précède, l'existence (dans le cas des angles d'approximation) des limites b sur une plénitude de Γ est aussi une conséquence d'un célèbre théorème de Fatou qui établit cette propriété pour les fonc-

(4) Cf. *Annales de l'École Normale*, 58, 1941, p. 218; *lemme*.

(5) L'ordre maximum de contact est défini par l'expression $\overline{\lim}\frac{\log(1-|z|)}{\log|z-a|}-1$.

tions à caractéristique bornée, c'est-à-dire satisfaisant à $\int^1 S(r)\,dr < \infty$, où $S(r)$ représente l'aire sphérique décrite par les valeurs w de la fonction quand la variable z décrit le cercle $|z| < r$. Ici nous avons fait l'hypothèse A plus restrictive $[S(r)$ borné$]$ et nous avons d'ailleurs obtenu des résultats plus précis. La méthode s'applique encore en remplaçant A par la condition plus large

$$\int^1 S(r)\frac{dr}{(1-r)^{\delta}} < \infty,$$

où δ est un nombre compris entre o et 1.

Remarquons que le cas limite $\delta = 0$ correspondrait à l'hypothèse de Fatou, tandis que le cas limite $\delta = 1$ doit être considéré comme correspondant à l'hypothèse A.

En reprenant les considérations développées dans le paragraphe I, on est conduit aux conclusions suivantes :

Il existe une plénitude E de Γ telle que, si z tend vers un point quelconque a de E en restant dans un angle d'approximation, $f(z)$ tend vers une limite unique $b = f(a)$ finie et l'on a

$$f(z) - b = o\left[(z-a)^{\frac{\delta}{2}}\right] \qquad \text{et} \qquad f'(z) = o\left[(z-a)^{\frac{\delta}{2}-1}\right].$$

Si l'on envisage pour z des chemins assujettis seulement à avoir avec Γ, au point a, un contact d'ordre maximum inférieur à $\delta/(2-\delta)$, on obtient encore une plénitude E aux points de laquelle correspondent des valeurs limites finies b, et telle que, si l'ordre maximum de contact est inférieur à $\gamma < \delta/(2-\delta)$, ou, d'une façon plus précise, si $z - a = O[(1-|z|)^{1/(1+\gamma)}]$, on a

$$f(z) - b = o\left[(z-a)^{\frac{\delta}{2}(1+\gamma)-\gamma}\right] \qquad \text{et} \qquad f'(z) = o\left[(z-a)^{\frac{\delta}{2}(1+\gamma)-(1+2\gamma)}\right].$$

HYDRAULIQUE. — *Sur l'emploi des pertes de charges concentrées pour l'étude des ondes de gravité dans les canaux et rivières.* Note de MM. **André Fortier** et **G. Reminieras**, présentée par M. Henri Villat.

I. Dans la méthode graphique (¹) couramment utilisée aujourd'hui pour le calcul des coups de bélier dans les conduites forcées, on tient compte des

(¹) H. Kreitzer, *Die Wasserwitschaft*, 19, II. 10, 1926, p. 258; R. Loewy, *Druckschwankungen in Druckrohrleitungen*, Berlin, 1928; Schnyder, *Schweizerische Bauzeitung*, 2, 1928, p. 201; Bergeron, *Société Hydrotechnique de France*, 4, 20 mars 1931, p. 324; Schnyder, *Wasserkraft*, 25, 1932, p. 106.

pertes de charge en divisant la conduite en un certain nombre de tronçons et en supposant qu'il existe, à l'extrémité de chaque tronçon, un diaphragme produisant une perte de charge égale à la perte de charge du tronçon correspondant. Remplaçant ainsi la perte de charge répartie tout le long de la conduite par des pertes de charge concentrées en des points en nombre fini convenablement placés, on arrive à des résultats conformes à l'expérience. Bergeron a montré (*Mémoires de la Société des Ingénieurs Civils de France*, Bulletin de juillet-août 1937) toute la généralité de la méthode et a donné un exemple de son application à un problème de propagation d'onde dans un canal découvert. Dans cet exemple, la perte de charge répartie tout le long du canal est, comme pour les conduites, concentrée dans un certain nombre d'étranglements régulièrement espacés.

Or l'application de la méthode graphique à ce genre de problème soulève deux difficultés. Dans le cas d'un canal à section uniforme la perte de charge dépend non seulement du débit, mais aussi de la profondeur; cette perte de charge, par unité de longueur, est généralement mise sous la forme $b' Q^2 : R\sigma^2$. b' est un coefficient de frottement qui dépend de la rugosité des parois et un peu du rayon hydraulique R, σ est la section mouillée et Q le débit. Il n'est donc pas possible de remplacer un tronçon de canal par un diaphragme équivalent, car celui-ci donnerait une perte de charge indépendante de la profondeur.

Pour tourner cette première difficulté, il suffit d'imaginer un étranglement donnant une perte de charge dont la loi de variation est de la forme KQ^2, $K = b' : R\sigma^2$ étant une fonction de la profondeur. Pour effectuer la construction, il faudrait alors, pour chaque profondeur, calculer la valeur correspondante de K; mais en réalité on obtient une précision largement suffisante en divisant l'intervalle total des variations de profondeur en un petit nombre d'intervalles partiels dans chacun desquels on prend une valeur moyenne de K. On obtient ainsi une série de paraboles, chacune d'elles correspondant à un intervalle de profondeur déterminé.

La deuxième difficulté apparaît lorsque le radier du canal n'est pas horizontal, ce qui est le cas général. Supposant alors que le canal réel est remplacé par un canal en escalier comprenant une série de biefs horizontaux, que doit-on porter en ordonnées sur l'épure? Il est facile de voir que ce n'est plus la profondeur, mais la cote de la surface libre au-dessus d'un plan horizontal de référence.

II. Dans tous les cas où la complexité des données du problème oblige à renoncer au calcul et à avoir recours à des essais sur modèle réduit, les

pertes de charges concentrées équivalentes aux pertes sur une portion de canal peuvent être réalisées pratiquement au moyen de déversoirs noyés.

Soit, par exemple, à étudier la propagation d'une intumescence sur une grande longueur d'une rivière naturelle. Pour que le modèle réduit ait des dimensions acceptables, des profondeurs d'eau suffisantes, on est obligé d'utiliser deux échelles différentes pour les profils en long et en travers du modèle. La pente du modèle est alors très grande et, pour répartir la perte de charge, il faudrait utiliser des rugosités de parois beaucoup trop importantes; il y a alors avantage à concentrer les pertes de charge au moyen de déversoirs noyés. Le profil de ces déversoirs est retouché par tâtonnements jusqu'à ce qu'on obtienne, en régime permanent, sur le modèle et sur l'ouvrage réel, des lois identiques de variation de la cote de la surface libre en fonction du débit.

Nous avons entrepris une série d'expériences pour déterminer les conditions d'emploi de ces modèles à pertes de charge concentrées. Dans les premières expériences, nous avons utilisé un canal rectangulaire de façon à pouvoir appliquer la méthode graphique. Les résultats du calcul sont en bon accord avec les résultats des mesures expérimentales.

ASTRONOMIE. — *Sur deux nouvelles formules pascales en fonction du millésime.* Note [1] de M. **Jean-Marie Oudin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Faire connaître deux nouvelles formules pascales, dont l'emploi n'exige pas la connaissance des variables M et N de Gauss et permet un calcul mental de la date de Pâques en fonction des éléments c et u du millésime m ($m = 100c + u$), pour toute année donnée, julienne ou grégorienne, tel est l'objet de cette Note.

Je rappelle d'abord les formules suivantes : (1), (2), (3), (4), (5) que j'utilise dans la démonstration [2].

La date de Pâques est donnée, en jours de mars, dans les deux Calendriers, par la formule

$$P = 45 - E + (E - L + 2)_7. \tag{1}$$

[1] Séance du 1er septempre 1941.

[2] Elles sont extraites de ma *Thèse de Doctorat* (Montpellier), *Les Secrets des Calendriers à la portée de tous*, Paris, 1940.

La lettre E représente un nombre algébrique, qui est égal à l'épacte e, julienne ou grégorienne, si elle est inférieure ou égale à 23 ($E = e$ si $e \leq 23$), et à l'épacte diminuée de 30, si elle est supérieure à 23 ($E = e - 30$ si $e > 23$). La lettre L se remplace par 1, 2, 3, 4, 5, 6, 0 suivant que la lettre dominicale qu'elle représente est G, F, E, D, C, B, A.

Exceptions grégoriennes. — Par exception, *a*. quand l'épacte est 24, on fait comme si elle était 25 et l'on prend $E = 25 - 30 = -5$; *b*. quand l'épacte est 25 (nombre d'or > 11), on fait comme si elle était 26 et l'on prend $E = 26 - 30 = -4$. (Les changements d'épacte ne sont de rigueur pour l'exactitude de la date de Pâques, avec *a* que si $L = D = 4$ et avec *b* que si $L = C = 5$.)

Si $P > 31$, $P - 31$ est la date de Pâques en jours d'avril.

$$(2)\qquad e = [8 + 11(n - 1)]_{30}, \qquad e = \left[8 - c + \left(\frac{c}{4}\right) + \left(\frac{c-k}{3}\right) + 11(n-1)\right]_{30}$$

avec $k = [(c - 17)/25]$: épactes julienne et grégorienne (p. 52, 60)

$$(3)\qquad n = (m)_{19} + 1 = (100c + u)_{19} + 1 = (5c + u)_{19} + 1 = \text{nombre d'or},$$

de sorte que $n - 1 = (5c + u)_{19}$.

$$(4)\qquad L = \left[5 + m + \left(\frac{m}{4}\right)\right]_7 \qquad \text{et} \qquad L = \left[m + \left(\frac{m}{4}\right) - c + \left(\frac{c}{4}\right)\right]_7$$

lettres dominicales julienne et grégorienne.

Or $m + (m/4) = 126c - c + u + (u/4)$, d'où les valeurs de L en fonction de c et de u

$$(5)\quad L = \left[5 - c + u + \left(\frac{u}{4}\right)\right]_7 \text{(cal. jul.)} \quad \text{et} \quad L = \left[-2c + \left(\frac{c}{4}\right) + u + \left(\frac{u}{4}\right)\right]_7 \text{(cal. grég.)}.$$

Notation. — 1° $(c/4)$, $[(c - k)/3]$ etc. = parties entières des quotients de c par 4, de $c - k$ par 3 etc. Ainsi, $(19/3) = 6$, $(19/4) = 4$ etc.

2° $(E - L + 2)_7$, $(5c + u)_{19}$, $[8 + 11(5c + u)_{19}]_{30}$ etc. = restes des divisions par les indices 7, 19, 30 etc. des quantités positives (ou nulles) placées dans les parenthèses ou crochets affectés de ces indices. Dans les cas où l'une de ces quantités serait négative, on lui ajouterait le multiple suffisant de l'indice pour la rendre positive (ou nulle). Ainsi, avec $E = -5$, $L = 6$, par exemple, l'expression $E - L + 2$ donnerait -9; on écrirait $(E - L + 2)_7 = (-9)_7 = (14 - 9)_7 = 5$.

I. Nouvelle formule pascale julienne. — Dans la formule (1), que j'écris $P = 22 + 23 - E + (E - L + 2)_7$, je pose $s = 23 - E$, $t = (E - L + 2)_7$ et je remplace E, L par leurs valeurs en fonction de c et de u, compte tenu des relations (2), (3), (4), (5) et des conventions faites sur E.

a. Calcul de $s = 23 - E$ *en fonction de c et de u.* — Si $e \leq 23$

$$E = e \qquad \text{et} \qquad s = 23 - E = 23 - e$$

ou

$$s = 23 - [8 + 11(5c + u)_{19}]_{30} = [15 - 11(5c + u)_{19}]_{30}$$

et si $e > 23$,

$$E = e - 30, \qquad s = 23 - (e - 30) = 53 - e = 53 - [8 + 11(5c + u)_{19}]_{30}$$

ou

$$s = [45 - 11(5c + u)_{19}]_{30} = [15 - 11(5c + u)_{19}]_{30},$$

valeur identique à la précédente. Dans tous les cas on a

$$(6) \qquad s = [15 - 11(5c + u)_{19}]_{30}.$$

b. Calcul de $t = (E - L + 2)_7$ *en fonction de c et de u.* — Je remplace d'abord E par $23 - s$, puis L par sa valeur (5)

$$t = \left[23 - s - 5 + c - u - \left(\frac{u}{4}\right) + 2\right]_7 = \left[6 - s + c - u - \left(\frac{u}{4}\right)\right]_7.$$

On a donc

$$(7) \qquad t = \left[6 - s + c - u - \left(\frac{u}{4}\right)\right]_7$$

et la nouvelle formule pascale est

$$(8) \qquad \boxed{\begin{array}{c} P = 22 + s + t \text{ mars} \quad \text{ou} \quad P - 31 = s + t - 9 \text{ avril}, \\ \text{avec } s = [15 - 11(5c + u)_{19}]_{30} \text{ et } t = \left[6 - s + c - u - \left(\frac{u}{4}\right)\right]_7. \end{array}}$$

II. Nouvelle formule pascale grégorienne. — *a. Calcul de* $s = 23 - E$ *en fonction de c et de u.* — Si $e \leq 23$, $E = e$ et

$$s = 23 - E = 23 - e = 23 - \left[8 - c + \left(\frac{c}{4}\right) + \left(\frac{c - k}{3}\right) + 11(5c + u)_{19}\right]_{30}$$

ou

$$s = \left[15 + c - \left(\frac{c}{4}\right) - \left(\frac{c - k}{3}\right) - 11(5c + u)_{19}\right]_{30},$$

et si $e > 23$ (cas exceptionnels exclus examinés ultérieurement) $E = e - 30$,

$$s = 23 - (e - 30) = 53 - e = 53 - \left[8 - c + \left(\frac{c}{4}\right) + \left(\frac{c - k}{3}\right) + 11(5c + u)_{19}\right]_{30}$$
$$= \left[15 + c - \left(\frac{c}{4}\right) - \left(\frac{c - k}{3}\right) - 11(5c + u)_{19}\right]_{30},$$

$$(9) \qquad s = \left[15 + c - \left(\frac{c}{4}\right) - \left(\frac{c - k}{3}\right) - 11(5c + u)_{19}\right]_{30}$$

quel que soit e, sauf pour $e = 24$ et $e = 25$ ($n > 11$).

b. Calcul de $t = (E - L + 2)_7$ *en fonction de c et de u.* — Je remplace E

par 23 — s, puis L par sa valeur (5)

$$t = \left[23 - s + 2c - \left(\frac{c}{4}\right) - u - \left(\frac{u}{4}\right) + 2\right]_7 = \left[4 - s + 2c - \left(\frac{c}{4}\right) - u - \left(\frac{u}{4}\right)\right]_7$$

ou

(10) $$t = \left[4 - s + c - u - \left(\frac{u}{4}\right) + c - \left(\frac{c}{4}\right)\right]_7$$

et la nouvelle formule pascale est

(11) $$\boxed{\begin{array}{l} P = 22 + s + t \text{ mars} \quad \text{ou} \quad P - 31 = s + t - 9 \text{ avril}, \\ \text{avec } s = \left[15 - 11(5c + u)_{19} + c - \left(\frac{c}{4}\right) - \left(\frac{c - k}{3}\right)\right]_{30}, \quad k = \left(\frac{c - 17}{25}\right) \\ \text{et} \quad t = \left[4 - s + c - u - \left(\frac{u}{4}\right) + c - \left(\frac{c}{4}\right)\right]_7. \end{array}}$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les* N-*dichlorocarbamates : réactions de chloration*. Note (¹) de MM. **Joseph Bougault** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons décrit (²) quelques propriétés des N-dichlorocarbamates et signalé qu'ils pouvaient provoquer trois formes de réaction : 1° d'addition déjà décrite; 2° de chloration; 3° mixtes.

L'objet de cette Note est de décrire quelques réactions de chloration. On peut distinguer deux cas selon que la chloration s'effectue au carbone ou à l'azote.

1° *Chloration au carbone*. — Un léger excès de N-dichlorocarbamate d'éthyle agissant sur le phénol en milieu acétique conduit au trichlorophénol-2.4.6; de même, le salicylate de méthyle est chloré en 5.

Si l'on fait agir le N-dichlorocarbamate de méthyle sur le sulfure d'éthyle β.β′-dichloré, en milieu benzénique, on obtient le sulfure d'éthyle tétrachloré non encore signalé. Ce dernier, peu stable, se décompose en acide chlorhydrique et sulfure de chlorovinyl-dichloréthyle :

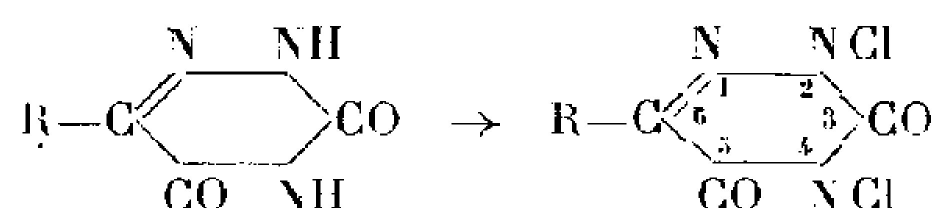

$$C^4H^6Cl^4S \rightarrow S\begin{cases} CHCl-CH^2Cl \\ CH=CHCl \end{cases} + HCl.$$

(¹) Séance du 15 septembre 1941.
(²) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 310.

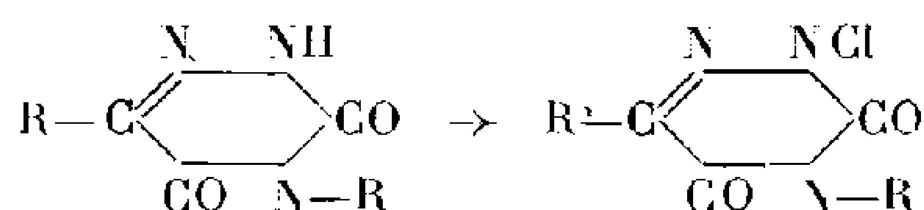
Un léger excès de N-dichlorocarbamate de méthyle, agissant sur le carbazol en milieu acétique, conduit au tétrachlorocarbazol.

2° *Chloration à l'azote.* — Si l'on agite la benzamide ou la phénylacétamide en suspension dans l'eau avec un léger excès de N-dichlorocarbamate de méthyle, ce dernier rassemble l'amide, la dissout et la N-chloramide se sépare.

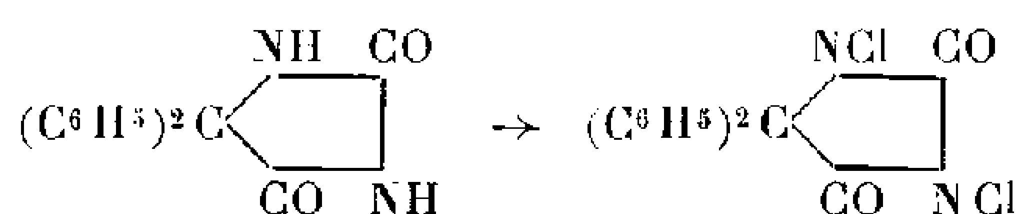
Le N-dichlorocarbamate de méthyle, agissant en quantité théorique sur les dioxo-3.5 alcoyl-6 triazines-1.2.4 en solution alcaline, conduit aux dérivés dichlorés-2.4 paraissant inaccessibles par une autre voie :



De même, avec les dérivés alcoylés en 4 des dioxo-3.5 alcoyl-6 triazines-1.2.4, on obtient les dérivés chlorés-2, alcoylés-4



L'action du N-dichlorocarbamate de méthyle sur la diphénylhydantoïne en milieu alcalin conduit à la dichloro-1.3 diphényl-5 hydantoïne



Conclusions. — La chloration des composés organiques au moyen des N-dichlorocarbamates présente certaines caractéristiques intéressantes.

1° Cette chloration peut s'effectuer :

a. sans emploi de milieu réactionnel intermédiaire, les N-dichlorocarbamates étant miscibles avec la plupart des composés organiques liquides et dissolvant un grand nombre de substances solides;

b. en milieu non aqueux (acide acétique, benzène, chloroforme etc.);

c. en milieu aqueux, le corps sur lequel portera l'action du N-dichlorocarbamate étant en solution ou en suspension; le milieu pouvant être neutre, alcalin ou acide.

2° Si l'on compare l'action des N-dichlorocarbamates à celle de l'acide

hypochloreux susceptible d'agir comme chlorurant (I) ou oxydant (II) :



$$ClOH + RH \rightarrow RCl + H^2O \quad (I), \qquad ClOH + 2RH \rightarrow HCl + R{-}R + H^2O \quad (II).$$

on observe, surtout avec les N-dichlorocarbamates, la forme de réaction (I)



$$RO.CONCl^2 + 2RH \rightarrow 2RCl + RO.CONH^2.$$

3° La chloration au moyen des N-dichlorocarbamates s'effectue en milieu neutre, alors qu'avec le chlore il y a libération d'acide chlorhydrique.

4° Il n'a pas été possible d'obtenir à l'aide des N-dichlorocarbamates, des monohalohydrines de glycol, comme le fit Detœuf (³) à partir de la monochlorurée.

Les N-dichlorocarbamates, plus particulièrement le N-dichlorocarbamate de méthyle (degré chlorométrique = 300), constituent des agents de chloration d'obtention facile, d'utilisation commode, susceptibles de donner de bons résultats pour la chloration en général des corps facilement oxydables ou sensibles à l'action des acides minéraux.

CORPS NOUVEAUX PRÉPARÉS.

$C^4H^6Cl^4S$, sulfure d'éthyle tétrachloré	É 115° sous 15ᵐᵐ
$C^{12}H^5NCl^4$, tétrachlorocarbazol	F 212°
C^8H^8ONCl, N-chlorophénylacétamide	» 120°
$C^{10}H^7O^2N^3Cl^2$, dichloro-2.4 dioxo-3.5 benzyl-6 triazine-1.2.4	» 119°
$C^{11}H^9O^2N^3Cl^2$, dichloro-2.4 dioxo-3.5 phényléthyl-6 triazine-1.2.4	» 130°
$C^{17}H^{14}O^2N^3Cl$, chloro-2, benzyl-4 dioxo-3.5 benzyl-6 triazine-1.2.4	» 153°
$C^{15}H^{10}O^2N^2Cl^2$, dichloro-1.3 diphényl-5 hydantoïne	» 166°

OCÉANOGRAPHIE. — *Échantillons d'eau de mer recueillis dans l'Océan Indien Austral par l'aviso* Bougainville. Note (¹) de M. **Jules Rouch**.

L'aviso français *Bougainville*, commandé par M. le capitaine de frégate Fabre de la Rippelle, a effectué au cours des mois de janvier, février, mars 1939 une croisière dans l'Océan Indien Austral au sud de Madagascar.

(³) *Bull. Soc. Chim.*, 31, 1922, p. 102.

(¹) Séance du 1 septembre 1941.

Parti de Diégo-Suarez le 11 janvier 1939, le *Bougainville* a fait escale à Durban, a mouillé à l'île Marion le 23 janvier, aux îles Crozet le 27 janvier; il a séjourné du 7 au 19 février sur la côte orientale des Kerguelen, a mouillé ensuite les 24 et 25 février à Amsterdam et à Saint-Paul, et est revenu à Diégo-Suarez le 12 mars 1939, après une escale à La Réunion et à Maurice.

Au cours de cette croisière, les lieutenants de vaisseau M. Douguet et A. Guyot ont exécuté 20 stations océanographiques, où ils ont recueilli des échantillons d'eau de mer à la surface et aux profondeurs de 50^m et de 100^m à l'aide de la bouteille à eau Nansen.

Ces échantillons, au nombre de 57, ont été remis au mois de juin 1939 au laboratoire d'Océanographie Physique de l'Institut Océanographique. Avec la collaboration de M. Alexandre Roche, assistant de ce laboratoire, leur chloruration a été immédiatement déterminée par la méthode de Knudsen, et comparaison avec l'eau normale du Laboratoire Hydrographique de Copenhague. Les résultats détaillés de ces mesures seront publiés dans le *Bulletin de l'Institut Océanographique*. En voici les traits saillants :

Les observations de température faites par le *Bougainville* s'intercalent très exactement, pour la partie orientale de la croisière, entre les isothermes de la carte de Schott pour le mois de février (*Geographie des Indischen und Stillen Ozeans*). L'accord est moins bon pour la partie occidentale de la croisière entre Durban et Marion : les températures observées par le *Bougainville* sont inférieures de 1° environ aux températures de la carte de Schott.

Pour les salinités, l'accord est meilleur aussi dans la partie orientale de la croisière que dans la partie occidentale. Au sud de l'Afrique, le *Bougainville* a traversé la région du maximum de salinité vers 35° de latitude Sud, à peu près dans les parages où l'indique la carte de Schott. Les densités *in situ* observées par le *Bougainville* sont généralement plus fortes que celles marquées sur la carte de Schott.

Au cours de sa croisière, le *Bougainville* ne devait pas atteindre la ligne de convergence antarctique, mais il a traversé à l'aller et au retour, vers 42-43° de latitude, la ligne de convergence subtropicale (voir *Discovery Reports*, 15, *The Hydrology of the Southern Ocean*, *fig*. 4, p. 19).

Cette ligne de convergence s'est manifestée par une baisse rapide de la température de l'eau de mer, qui atteignit 2° par degré de latitude à l'aller, au moins 1° au retour; par une baisse rapide de salinité d'environ 0,25 par degré de latitude.

La ligne de convergence subtropicale marque la rencontre de la grande dérive vers l'Est et le Nord-Est causée par les « braves vents d'ouest » de l'Océan Austral, avec les courants venus des régions équatoriales généralement dirigés vers l'Ouest et le Sud-Ouest. Dans la région de la convergence, les eaux de surface ont tendance à s'enfoncer, et par suite la température et la salinité varient peu en profondeur dans les eaux superficielles.

Au sud de la ligne de convergence les diminutions de température avec la profondeur observées par le *Bougainville* sont nettement plus faibles qu'au nord de la ligne de convergence. Au sud de cette ligne, la salinité varie peu ou augmente avec la profondeur; au nord elle diminue avec la profondeur.

La ligne de convergence subtropicale sépare donc très nettement, en surface et au voisinage de la surface, des eaux de mer de nature très différente.

PHYTOCHIMIE. — *Sur la* pseudotanghinine, *nouvelle substance cristallisée extraite des noix de* Tanghinia venenifera. Note de M. **Victor Hasenfratz**, présentée par M. Richard Fosse.

On connaît depuis longtemps la toxicité des amandes contenues dans les noix de tanghin, *Tanghinia venenifera* Poir.; elles étaient utilisées autrefois par les indigènes de Madagascar pour la préparation du poison de leurs flèches, et même comme poison judiciaire.

Arnaud ([1]), en 1889, montra que l'action toxique du tanghin était due à la présence d'un corps cristallisé en lamelles rhombiques, la *tanghinine*, de formule $C^{27}H^{40}O^{8}$, F 182°, $[\alpha]_{D}^{20}$ (alcool) — 67°.

M. R. Heim, lors d'une mission à Madagascar, a bien voulu m'adresser un lot de noix de tanghin à l'aide duquel j'ai entrepris un travail dont les premiers résultats font l'objet de cette Note.

Les amandes traitées, du poids de 900^{g}, étaient noires non seulement en surface mais encore en profondeur. Après broyage, elles furent épuisées par le sulfure de carbone. La matière grasse ainsi extraite fige à la température ordinaire et représente environ 58 % du poids des amandes.

Les amandes dégraissées (375^{g}) sont traitées par l'alcool bouillant; la solution alcoolique obtenue, fortement concentrée, abandonne une bouillie

([1]) *Comptes rendus*, 108, 1889, p. 1255; 109, 1889, p. 701.

de cristaux; ceux-ci sont recueillis et purifiés par cristallisations répétées au sein de l'alcool. A l'état de pureté, le produit obtenu (5^g) possède des propriétés nettement différentes de celles de la tanghinine : nous le désignerons sous le nom de *pseudotanghinine*.

La matière grasse, après essorage sur plaque de plâtre, est fondue puis filtrée sur un entonnoir à filtration chaude. Il reste sur le filtre une substance qu'on lave à l'éther et qu'on purifie par cristallisation dans l'alcool à 60^c. On obtient ainsi une dizaine de grammes d'un produit cristallisé en rhombes parfaits; sa forme cristalline, son point de fusion 184°, son pouvoir rotatoire $[\alpha]_D^{17}$ (alcool) — 69°,7, sa grande solubilité dans l'alcool bouillant constituent un ensemble de caractères qui indique qu'on se trouve en présence de la *tanghinine* décrite par Arnaud.

La *pseudotanghinine* cristallise en prismes orthorhombiques, F 248°-250°; elle est très peu soluble dans l'alcool éthylique même bouillant; sa solubilité dans l'alcool froid ($0^g,6$ dans 100^{cm^3} d'alcool) est dix fois plus faible que celle de la tanghinine; son pouvoir rotatoire est $[\alpha]_D^{23}$ (alcool) — 48°,9.

L'analyse de la pseudotanghinine conduit à la formule $C^{27}H^{40}O^8$ qui, selon Arnaud, serait aussi celle de la tanghinine (Tr. %, C 65,88; 65,83. H 8,23; 8,17. Calc. %, C 65,81; H 8,19).

La tanghinine et la pseudotanghinine, bien que nettement distinctes, possèdent des propriétés communes : quelques milligrammes de l'une ou de l'autre se dissolvent dans l'acide chlorhydrique concentré en donnant une liqueur jaune qui, portée à l'ébullition, se décolore presque complètement puis devient laiteuse et de couleur verdâtre; en prolongeant l'ébullition la couleur verte vire au rose puis au rouge vineux. En solution dans l'anhydride acétique elles donnent, par addition d'une goutte d'acide sulfurique, une coloration rose qui rapidement devient verte.

La pseudotanghinine, traitée par l'anhydride acétique en présence d'acétate de sodium, fournit un dérivé acétylé, insoluble dans l'eau, qui cristallise lentement de sa solution alcoolique concentrée, F 190°, $[\alpha]_D^{15}$ (alcool) —82°,6. L'analyse montre qu'on se trouve en présence de la diacétylpseudotanghinine de formule $C^{27}H^{38}O^8(C^2H^3O)^2$ (Tr. %, C 64,69; 64,71; H 7,71; 7,80. Calc. %, C 64,54; H 7,69).

La tanghinine, acétylée en présence d'acétate de sodium ou de pyridine, conduit à un dérivé qui se révèle identique au précédent par son point de fusion, ses propriétés, son pouvoir rotatoire. Ce résultat, au moins inattendu, peut s'expliquer en admettant que l'acétylation de la tanghinine est précédée par sa transformation en pseudotanghinine. L'expérience prouve

que cette transformation est possible : lorsqu'on traite, *à froid*, une solution alcoolique de tanghinine ($0^g,5$ dans 5^{cm^3}) par une solution alcoolique de potasse (1^{cm^3} KOH $n/10$), il ne tarde pas à se déposer un précipité cristallin qui augmente progressivement. Celui-ci est recueilli et purifié par cristallisation, soit dans l'alcool éthylique dans lequel il est peu soluble, soit dans l'alcool méthylique qui le dissout plus aisément. Le corps obtenu a tous les caractères de la pseudotanghinine; son dérivé acétylé, F 190°, $[\alpha]_D^{15}$ (alcool) —83°,3 est identique à la diacétylpseudotanghinine.

En résumé les amandes noires du tanghin de Madagascar contiennent un nouveau principe immédiat, la pseudotanghinine, qu'on extrait de ces amandes préalablement dégraissées par le sulfure de carbone, tandis que la tanghinine se retrouve dans la matière grasse. La tanghinine et la pseudotanghinine conduisent au même dérivé acétylé, la diacétylpseudotanghinine, fait qui s'explique par la possibilité de transformer la tanghinine en pseudotanghinine.

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Le rôle de la vitamine* B_2 (*lactoflavine*) *dans la capacité d'utilisation du glucose par la cellule vivante, au cours de la respiration.* Note de M. **Philippe Joyet-Lavergne**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons montré que l'utilisation du glucose pour la respiration change suivant les conditions de la vie cellulaire ([1]) et que le métabolisme du glucose est en liaison avec la vitamine B_2 ([2]). L'étude de types cellulaires divers montre que l'utilisation de la vitamine B_2 dépend, comme celle du glucose, des conditions de la vie cellulaire. Quel est le rôle de cette vitamine dans l'utilisation du glucose? Chacun des types cellulaires examinés dans ces recherches est étudié : 1° au point de vue de son comportement vis-à-vis de l'action d'un supplément de vitamine B_2; 2° au point de vue de son comportement vis-à-vis de l'action d'un supplément de glucose. Les individus d'une même espèce ayant servi aux expériences sont très différents par leur état physiologique (âge, nutrition).

La méthode utilisée est celle des leucodérivés, déjà décrite dans nos

([1]) Ph. Joyet-Lavergne, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 412.
([2]) Ph. Joyet-Lavergne, *C. R. Soc. Biol.*, 134, 1940, p. 338.

publications. Le leucodérivé de la phénosafranine et le leucodérivé du bleu de méthylène sont des réactifs favorables.

I. Action de la vitamine B_2. — Les résultats obtenus se rangent dans deux catégories.

Première catégorie : action nulle ou négative. — L'absorption de lactoflavine par les cellules n'a entraîné aucune modification dans les oxydations intracellulaires dans des expériences faites avec les tissus suivants : tissu cérébral de la Raie, tissu musculaire de la Raie, branchies d'un Crabe mâle, muscle cardiaque d'un Crabe femelle; fragments d'épidermes de tige de Jacinthe, de feuille d'Iris et de feuille d'Orchis; cellules du filet de l'étamine de Stellaire; cellules de jeunes ovules d'Arum. Dans d'autres expériences, l'absorption de lactoflavine a entraîné une diminution du pouvoir oxydant des cellules : tissu hépatique de la Raie; cellule de l'épithélium intestinal de têtard de Grenouille; tissu musculaire et tissu nerveux de Crevettes; muscles cardiaques de Crabes mâles et femelles; muscles de la pince et du céphalothorax de Crabes mâles; épidermes de feuille d'Orchis et de feuille d'Arum; épiderme de tige de Jacinthe; pollinies et ovules d'Orchis.

Deuxième catégorie : action positive. — L'absorption de lactoflavine a entraîné une augmentation du pouvoir oxydant des cellules dans les expériences suivantes : tissu cérébral de Pigeon; muscle de Grenouille; muscle de Crevette femelle; muscles de la pince, du céphalothorax, du cœur et tissu branchial de Crabes mâles; épidermes de feuille d'Arum et de tige de Jacinthe; tissu du filet de l'étamine chez la Vesce, le Genêt et la Digitale.

II. Action du glucose. — Parallèlement à chacune de ces expériences sur la vitamine B_2, une étude a été faite sur une portion semblable du même tissu, pris sur le même individu et traité par le même leucodérivé, pour déterminer l'action du glucose. Les modifications obtenues, dans la respiration cellulaire, par l'absorption d'un supplément de glucose, peuvent se ranger en deux catégories, qui correspondent précisément aux deux catégories déterminées plus haut par l'étude de la vitamine B_2.

Dans les expériences ayant apporté les résultats de la 1re catégorie, l'absorption d'un supplément de glucose par la cellule entraîne une élévation du pouvoir oxydant. Au contraire, dans les expériences correspondant à la 2e catégorie, l'absorption d'un supplément de glucose par la cellule ne modifie pas son pouvoir oxydant. Ainsi, à une action nulle ou négative de la vitamine B_2 correspond une action positive du glucose,

tandis qu'à une action positive de la vitamine B_2 correspond une action nulle du glucose.

Nous donnons de ces constatations l'interprétation suivante : Lorsqu'une cellule vivante possède une provision suffisante de vitamine B_2 (ce qui se traduit dans nos expériences de la 1re catégorie soit par un effet nul, soit par une diminution des oxydations), un supplément de glucose peut être utilisé pour la respiration cellulaire, grâce, précisément, à la présence d'une quantité suffisante de vitamine. Au contraire, quand une cellule possède une quantité insuffisante de vitamine B_2 (ce qui se traduit, dans nos expériences de la 2e catégorie, par l'effet positif de la lactoflavine), l'apport d'un supplément de glucose se révèle inutilisable pour la respiration.

Si notre interprétation est exacte, l'apport de glucose étant, dans ce dernier cas, inutilisable par manque de vitamine B_2, il doit être possible de rendre ce glucose actif en donnant à la cellule un supplément convenable de lactoflavine. Effectivement, on constate que, dans les expériences suivantes de la 2e catégorie : muscle de Grenouille; muscle de la pince et tissu branchial de Crabes mâles; tissu du filet de l'étamine du Genêt, expériences dans lesquelles l'action positive de la lactoflavine s'était révélée faible et l'action du glucose nulle, un supplément de glucose ajouté en présence d'un supplément de lactoflavine donne un renforcement très net du pouvoir oxydant intracellulaire. Dans les autres expériences de la 2e catégorie, où l'action de la lactoflavine s'était montrée nette, l'association vitamine B_2-glucose ne donne pas plus que la vitamine B_2 seule.

CONCLUSIONS. — *La cellule vivante est capable d'utiliser un supplément de glucose pour augmenter sa respiration quand elle possède une provision suffisante de vitamine* B_2, *mais tout supplément de glucose est inutilisable pour la respiration cellulaire si la provision de vitamine* B_2 *est insuffisante. Inversement, si un apport de vitamine* B_2 *dans une cellule ayant une provision suffisante de glucose peut activer la respiration cellulaire, tout apport de vitamine* B_2 *à une cellule ayant une provision insuffisante de glucose est inutile ou même nuisible à la respiration. Il faut tenir compte de la nécessité de réaliser un rapport constant vitamine* B_2/*glucose apporté aux cellules, pour établir judicieusement la composition d'une ration alimentaire.*

Ce résultat est en accord avec la conclusion de Mme Randoin sur le rapport optimum vitamines B/glucides; il apporte, en outre, des précisions sur chacun des deux termes de ce rapport.

BIOLOGIE. — *La régénération de la tête des Lombrics en l'absence du tube digestif*. Note (1) de M. Marcel Avel, présentée par M. Maurice Caullery.

R. H. Hunt (2) a, le premier, recherché si la régénération d'une tête était possible, chez les Lombrics, en l'absence du tube digestif. A des animaux préalablement décapités au 3e ou au 4e segment, il enlève le tube digestif dans les 5 anneaux suivants par une incision dorsale, qu'il ne suture pas. Cette technique rudimentaire ne lui a fourni que 6 réponses positives pour 209 opérés : 5 blastèmes peu différenciés et un régénérat segmenté; aucune tête bien constituée. L'expérience établissait donc seulement le principe que la régénération céphalique peut s'amorcer sans endoderme. J'ai déjà indirectement confirmé cette notion (3). Mais les possibilités complètes de la régénération sans endodermes restaient à élucider.

Pour les connaître, j'ai effectué des expériences répondant au même principe que celles de Hunt, mais avec une technique plus soignée. L'œsophage est mis à nu du 6e au 11e segment compris, par soulèvement d'un volet tégumentaire convenable, puis sectionné en son milieu et les deux bouts sont rabattus complètement l'un vers l'avant, l'autre vers l'arrière. Les segments 6 à 11 sont ainsi privés de tube digestif. Le volet tégumentaire est ensuite rabattu et suturé en prenant soin de pincer les moignons d'œsophage dans les sutures antérieure et postérieure. Par cet artifice la régénération du tube digestif enlevé se trouvera empêchée, ou du moins retardée. De 18 *Eisenia sp.* opérés de cette manière, 17 ont guéri et, après 15 à 20 jours, leurs plaies étaient parfaitement cicatrisées. Ils ont été alors amputés des 7 ou 8 premiers segments. La régénération devait donc s'effectuer chez ces animaux à partir d'une base dépourvue de tube digestif.

Tous les sujets ont survécu et tous, sauf un, ont régénéré une tête, composée le plus souvent de 5 segments. Les trois plus grands régénérats

(1) Séance du 15 septembre 1941.

(2) *Bull. Mus. Compar. Zool. Harvard*, 62, 1919, p. 571.

(3) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 373.

ont même 6 segments, atteignent donc le maximum connu, et peu fréquemment observé, de la régénération céphalique normale. Extérieurement, ces régénérats sont d'ailleurs indiscernables de régénérats normaux (pourvus d'endoderme).

L'anatomie interne a été étudiée en détail sur 12 régénérats, débités en coupes histologiques. La régénération du tube digestif ne s'est produite que chez un seul opéré. Chez tous les autres, conformément aux prévisions, le tube digestif se trouve, à la fin de la régénération, encore distant de 2 ou 3 segments de la base du régénérat. L'expérience est donc correcte. Les régénérats ainsi développés, sur une base sans endoderme, sont dépourvus d'œsophage et de pharynx mais possèdent une cavité buccale bien développée et terminée en cul-de-sac. Par conséquent, le pharynx et l'œsophage ne peuvent se régénérer qu'à partir de l'endoderme, tandis que la cavité buccale a pour origine un stomodæum ectodermique, dont le développement ne nécessite même pas le voisinage de l'endoderme.

L'épiderme et la musculature somatique sont normaux. Toute la paroi du corps se régénère donc, aux dépens des parties anciennes correspondantes, indépendamment du tube digestif.

Le système nerveux central des régénérats est, chez tous, constitué d'un cerveau dorsal, uni à une chaîne nerveuse ventrale par un connectif *unique* et massif. Il diffère d'un système nerveux normal par l'absence complète et constante de collier périœsophagien. *La différenciation d'un collier est donc non pas autonome, mais corrélative et dépend de la présence d'un pharynx,* qui joue le rôle d'une matrice. Dans ses expériences Hunt a, au contraire, observé dans quelques cas la formation d'un collier en l'absence de pharynx. Il est probable que ces résultats ne modifient pas la signification des miens. En effet Hunt décapitait ses animaux au 3e ou au 4e segment, précisément au niveau du collier. On peut penser qu'il subsistait un fragment de cet organe, apparent ou non, mais suffisant pour amorcer la régénération des deux branches, même sans tube digestif. Ces conditions ne sont pas celles de mes expériences, où, l'amputation portant sur 7 ou 8 segments, le collier a été totalement enlevé et doit donc s'édifier de toutes pièces. Il n'est pas surprenant que les facteurs du développement soient différents dans les deux cas.

En résumé, dans la régénération de la tête des Lombrics, la présence d'endoderme est nécessaire à la reconstitution d'un tube digestif, à l'exception de la cavité buccale, dont l'origine est ectodermique et la

différenciation autonome. Les constituants ecto- et mésodermiques du régénérat céphalique (épiderme, musculature, système nerveux central) ont tous une origine indépendante du tube digestif et se différencient indépendamment de lui, à la réserve du collier périœsophagien, qui, bien que d'origine ectodermique, ne peut s'édifier de toutes pièces qu'autour d'un pharynx.

La séance est levée à 15^h30^m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages présentés pendant les séances d'août 1941.

Émile-Hilaire Amagat, grand physicien français et fidèle citoyen de Saint Satur (*2 janvier* 1841-14 *février* 1915), par M. l'abbé André Girard. Sancerre, Coopérative d'imprimerie M. Pigelet, 1941; 1 brochure, 21^{cm}.

Principes d'agronomie. Tome II : *Croissance des végétaux cultivés*, par Albert Demolon. Deuxième édition. Paris, Dunod, 1941; 1 vol. 25^{cm} (présenté par M. Schribaux).

Éléments de biochimie médicale, par Michel Polonovski, P. Boulanger, P. Cristol, G. Florence, A. Giberton, M. Macheboeuf, H. Robert, J. Roche et C. Sannié. Paris, Masson, 1941; 1 vol. 24^{cm},5 (présenté par M. P. Portier).

The Carlsberg Foundation's oceanographical expedition round the world 1928-1930 and previous « Dana ». Expeditions under the leadership of the late professor Johannes Schmidt : *Mysidacea Lophogastrida-I.*, par Louis Fage, *in* Dana-Report n° 19. Copenhagen, Bianco Luno, 1941; 1 fasc. 31^{cm},5 (présenté par M. L. Bouvier).

La vie créatrice de roches. Le rôle bâtisseur des Êtres microscopiques et la genèse des Houilles et des Pétroles, par Georges Deflandre. Paris, Presses universitaires de France, 1941; 1 vol. 17^{cm},5 (présenté par M. M. Caullery).

Publications du bureau d'études géologiques et minières coloniales, n° 11. *Bibliographie géologique et minière de la France d'Outre-Mer*, par F. Blondel. Paris, 13, rue de Bourgogne, 1941; 2 vol. 24^{cm},3.

Cours de mécanique rationnelle, par Jean Chazy. Tome I. *Dynamique du point matériel.* Paris, Gauthier-Villars, 1941; 1 vol. 25^{cm}.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 SEPTEMBRE 1941.

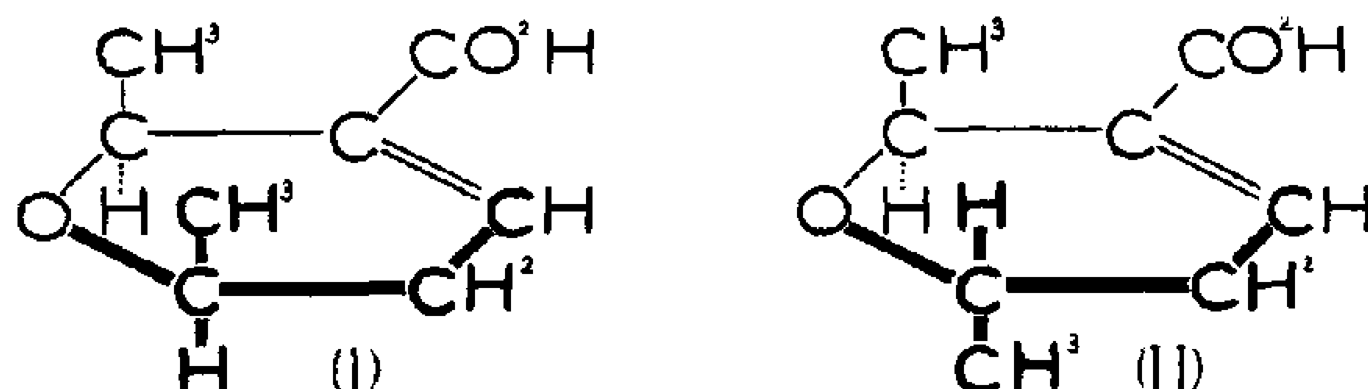
PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le deuxième acide dl-époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3*. Note (¹) de MM. **Marcel Delépine** et **Marius Badoche**.

L'acide époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 $C^8H^{12}O^3$ peut exister sous quatre formes stéréoisomères, formant deux racémiques différents, suivant que les deux méthyles 2.6 se trouvent en *cis* (I) ou en *trans* (II) :



Un de ces deux racémiques a été décrit par l'un de nous (²) et même été dédoublé (avec M. Willemart) (³). C'est le produit jusqu'ici isolé, lorsqu'on oxyde l'aldéhyde correspondant par le nitrate d'argent en présence de baryte; la question que nous nous sommes posée, c'est de savoir si l'aldéhyde générateur ne contiendrait pas un peu d'isomère susceptible de conduire à l'autre acide. Nous avons effectivement obtenu ce dernier, non sans peine; pour plus de commodité, appelant *a* le premier acide connu, nous désignerons le nouveau comme acide *b*.

(¹) Séance du 22 septembre 1941.

(²) M. Delépine, *Comptes rendus*, 150, 1910, pp. 394 et 535; *Ann. Chim. de Phys.*, 8ᵉ série, 20, 1910, p. 389.

(³) M. Delépine et A. Willemart, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 153.

Obtention de l'acide b, $C^8H^{12}O^3$. — Nous rappelons que l'acide *a* existe anhydre, F 91°,5 ou monohydraté, F 66 à 67° (fus. inst. bloc). Quand on oxyde l'aldéhyde $C^8H^{12}O^2$ dimère de l'aldéhyde crotonique, on obtient, après une abondante cristallisation d'acide *a*, une faible portion pâteuse, souvent colorée, laissée jusqu'ici de côté. Pour en retirer l'acide *b*, on étale la pâte sur de la porcelaine poreuse qui s'imbibe de la partie huileuse; au bout de quelques semaines, la partie qui n'a pas pénétré dans la porcelaine, reprise par l'éther de pétrole, laisse cristalliser d'abord beaucoup d'acide *a*; l'éther de pétrole chassé en partie, on récolte encore de gros cristaux du même acide, mais on voit fréquemment, à côté, une nouvelle forme en bâtonnets ou aiguilles qu'on peut séparer par triage à la pince.

Quant à la partie imbibée, on l'extrait à l'éther, puis on chasse l'éther, ce qui laisse un résidu brun, poisseux qui refuse de cristalliser. On a alors distillé ce résidu sous 3mm; la moitié environ passe de 120 à 130° et cristallise en partie au bout de plusieurs jours; on essore les cristaux et porte la partie liquide à la glacière, d'où une nouvelle partie solide qu'on enlève et fait cristalliser dans l'éther de pétrole; il se sépare encore de l'acide *a* en premier lieu, puis ensuite de l'acide *b* impur.

Les diverses portions d'acide *b* sont réunies et soumises à des cristallisations étroitement surveillées, pour en séparer les cristaux *a* et les cristaux *b*; on finit par arriver à l'acide *b* pur, exclusivement en longs rectangles accolés comme le nitre (en dimensions fort réduites, bien entendu). Le rendement est de l'ordre de 1 % de l'acide total; il est possible qu'il y en ait plus; nous parlons de ce que nous avons pu obtenir d'après les manipulations précédentes. Cette faible proportion expliquera que nous ne puissions faire de l'acide *b* une étude comparable à celle de l'acide *a*.

dl-acide b. — Le nouvel acide fond à 93°-93°,5 (tube capillaire, bain de SO^4H^2), à 93°,5-94° (par fus. instant. au bloc), alors que l'acide *a* bien anhydre fond à 91°,5 (Delépine avait indiqué 85-87°, mais on rappelle qu'il y a un hydrate fus. beaucoup plus bas). De si petites différences porteraient à croire qu'il s'agit d'un même corps plus ou moins pur, mais il y a bien deux acides, car le point de fusion de leur mélange à parties égales fond de 75 à 78°. Quelques épreuves supplémentaires le démontrent.

Analyse. — Trouvé %, C 61,59; 61,40; H 7,88; 7,84. P. M. (acidim.), 157.
Calculé %, C 61,50; H 7,74. P. M. 156.

Solubilités en 100g d'eau à 19° : pour l'acide *a*, 0g,7; pour l'acide *b*, 2g,6. La solubilité de l'acide *b* dans les solvants organiques surpasse aussi celle de l'acide *a* : on ne fait bien recristalliser l'acide *b* que dans l'éther de pétrole. En outre, tandis que le *dl-acide a* cristallise dans l'eau en formant un monohydrate, le *dl-acide b* reste anhydre.

dl-acide hydroxybromé ba, $C^8H^{13}O^4Br, H^2O$. — On le prépare par action de l'acide sulfurique (3cm³,3 N) sur une solution de l'acide (0g,25 en 12cm³ d'eau) contenant les générateurs du brome (0g,085 BrO^3K

et $0^g,35$ Br K), en opérant comme l'ont indiqué Delépine et Willemart (4). On obtient $0^g,23$ d'acide monohydraté en cristaux fus. à 101-106° (faible décomposition), assez solubles dans l'eau et les solvants organiques. L'*acide dl hydroxybromé ba* est hydraté, tandis que le correspondant de l'acide *a* est anhydre et fond beaucoup plus haut, à 187°.

Analyse sur acide hydraté. — Trouvé, P. M. 239; Br %, 29,9; théorie, P. M. 235; Br %, 29,52.

Cette nouvelle différence suffirait à prouver l'individualité de l'acide *b*. Nous avons tenu à en manifester d'autres.

dl-amide de l'acide b, $C^8H^{13}O^2N$. — On a traité l'acide ($0^g,3$) par le chlorure de thionyle (1^g) à 50° pendant 30 minutes, puis on a passé à l'amide. Celui-ci ($0^g,25$) recristallisé dans l'éther de pétrole, se présente en aiguilles fus. à 168° (bain de SO^4H^2, chauffage lent), à 175° (bloc, fus. instant.), alors que l'amide de l'acide *a* fond dans les mêmes conditions à 163° ou à 168°. Là encore les p. f. sont voisins; le mélange des deux amides fond nettement plus bas, à 154°-158° (bain de SO^4H^2). Analyse : Trouvé %, N 9,3 au lieu de 9,02.

Hydrogénation en acide saturé, $C^8H^{14}O^3$. — L'hydrogénation de l'acide préalablement neutralisé par la soude, en présence de nickel Raney, effectuée comme d'habitude, a permis d'obtenir un acide époxy-2.6 heptane carboxylique-3, ou plus exactement un mélange des deux acides possibles. Malheureusement l'acide dihydrogéné, même après deux ans de séjour à la glacière, n'a pas cristallisé. Nous nous sommes contentés d'en préparer un anilide, non sans avoir noté qu'au cours de l'hydrogénation il s'était formé une très petite quantité (quelques milligrammes à partir de $1^g,2$) d'un acide fondant à 124° (bloc), que nous considérons comme l'acide époxy-2.6 heptène-2 carboxylique-3, dont Delépine et Horeau (5) ont observé la formation lors de l'hydrogénation de l'acide *a*.

Anilide ba, $C^{14}H^{19}O^2N$. — Préparé avec l'acide dihydrogéné liquide et le chlorure de thionyle (30 min. à reflux), le chlorure d'acide obtenu a été changé en un anilide huileux qui a fini par cristalliser partiellement. Les cristaux, purifiés par la ligroïne, puis par un mélange d'éther et d'éther de pétrole, sont obtenus finalement en aiguilles F 168-169° (bain de SO^4H^2, chauffage progressif), 172° (instant. bloc), alors que l'anilide de

(4) *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 313.
(5) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 27.

l'acide *a* dihydrogéné fond à 184° (bloc); le mélange des deux anilides fond 8° plus bas que l'anilide *ba*. Analyse : Trouvé %, N 6,1 au lieu de 6,0.

Nous ne sommes pas en mesure de donner des raisons pour décider à laquelle des formules (I) ou (II) il faut faire correspondre les acides *a* et *b*. C'est un des problèmes que nous avons en vue, mais cette étude s'avère difficile. En attendant, nous profitons de la connaissance de plusieurs des isomères déjà obtenus et prévus pour en proposer le classement provisoire, d'après une convention bien simple qui serait applicable à tous les cas où les constitutions ne sont pas encore élucidées, ce qui arrive souvent quand il y a stéréoisomérie : c'est d'appeler systématiquent *a* le premier isomère trouvé; *b*, *c* etc., ceux qu'on découvre ensuite. A leur tour, si les isomères de base *a*, *b*, *c*, ... conduisent à d'autres dérivés isomères entre eux, le premier issu de *a* sera *aa*, le second, *ab*; s'il est issu de *b* le premier sera *ba*, le second, *bb*, et ainsi de suite, ces indicatifs se trouvant à la fin du nom chimique. S'il y a des corps actifs ou des racémiques, on les désignera comme d'habitude par les signes *d*, *l* ou *dl* en avant du nom. La nomenclature terminale est déjà parfois employée; on pourrait la systématiser sans inconvénient, pour la faire disparaître lorsque les constitutions seraient définitivement établies. C'est ainsi que, dans notre série, nous aurions quelques exemples :

1. Acide $C^8H^{12}O^3$, fus. à 91°,5. — *dl* Ac. époxy-2.6 heptène-3 carboxylique-3 *a*.
2. Ac. actifs » » 95° . — *d* ou *l* » *a*.
3. Acide » » 93°,5. — *dl* » *b*.
4. *dl* amides, *dl* anilide de l'acide *a*.
5. *dl* amide de l'acide *b*.
6. Acide $C^8H^{14}O^3$, fus. à 92° . — *dl* Ac. époxy-2.6 heptane carboxylique-3 *aa*.
7. Ac. actifs » » 72 . — *d* ou *l* » *aa*.
8. Acide » » 89 . — *dl* » *ab*.
9. *dl* amides des acides *aa*, *ab*.
10. Acides liquides dihydrurés de l'acide *b*; seraient *ba* et *bb*.
11. *dl* anilide *ba*, fus. à 172° (de l'acide *ba*).
12. Dérivé hydroxybromé, » 187 (*dl*... avec finale *aa*).
13. D. actifs » » 90 (*d* ou *l* » *aa*).
14. Dérivé » » 101-106° (*dl* » *ba*).

Sans supprimer des désignations plus complètes, ces suffixes permettent de ne pas répéter, au cours d'un développement, des noms souvent assez longs.

BIOLOGIE. — *Sur la priorité dans les groupes d'organes homéotypes qui évoluent par tout ou rien.* Note [1] de M. **François Grandjean**.

Je suppose chez des Arthropodes, des Acariens par exemple, un groupe d'organes homéotypes qui se reforme à chaque mue et dans lequel on ait résolu tous les problèmes d'homologie. On relève les présences et les absences aux états successifs de l'ontogenèse, d'abord sur une espèce, ensuite sur d'autres, chaque espèce et chaque stase étant représentées par plusieurs individus. Dès que les résultats sont nombreux leur comparaison impose l'idée que les organes du groupe ne sont pas indépendants mais qu'une sorte de hiérarchie existe entre eux.

Pour exprimer cette hiérarchie convenons de dire qu'un organe est plus *fort* qu'un autre s'il a moins d'écarts par déficience, s'il est plus précoce, s'il est plus commun. Rangeons ensuite les organes du groupe selon leurs forces, dans le sens décroissant, en désignant chacun d'eux par sa notation. Nous avons une *liste de priorité*. Quand plusieurs organes ont la même force on les met ensemble dans la liste, entre parenthèses.

A vrai dire nous n'avons pas une seule liste, mais un grand nombre. Des listes fondées sur les seuls écarts peuvent être établies, par exemple, sur les tritonymphes d'une espèce, en comparant leurs individus dans chaque récolte et même, si l'on fait de l'élevage, dans chaque lignée. Aux autres stases on aura d'autres listes, d'autant plus courtes et d'autant plus pénibles à établir, en général, qu'il s'agira de stases plus jeunes. Les stases d'apparition probable une fois connues, leur comparaison dans le développement de chaque espèce donnera d'autres listes qui seront plus longues et surtout plus explicites. D'autres encore proviendront de la comparaison des espèces entre elles, à chacune de leurs stases. Elles seront courtes s'il s'agit de larves, plus longues s'il s'agit d'adultes.

Si toutes ces listes étaient réellement différentes on ne serait pas très avancé, mais on constate au contraire, et c'est pourquoi j'ai parlé plus haut de hiérarchie, qu'elles s'accordent en ce sens que l'ordre de priorité défini par une liste n'est pas contredit par une autre. Les listes particulières sont des expressions partielles d'une liste générale unique. On obtient donc cette liste générale en fusionnant les listes particulières. Elle est valable

(1) Séance du 22 septembre 1941.

pour toutes les espèces étudiées, à toutes leurs stases et pour tous leurs individus, de quelque manière qu'on les compare. Sur un individu quelconque, immature ou non, lorsqu'un organe du groupe existe, tous ceux qui sont plus forts que lui, c'est-à-dire tous ceux qui sont inscrits avant lui sur la liste générale, existent aussi.

Les listes de priorité ne traduisent que des faits actuellement observables. Elles sont indépendantes des hypothèses. Il n'est pas même nécessaire, pour les établir, de supposer un sens à l'évolution. Elles prétendent néanmoins, non seulement à être commodes, mais surtout à suggérer des réponses aux questions phylogénétiques.

Lorsque les animaux étudiés sont assez voisins les uns des autres, une liste de priorité peut rendre compte exactement de toutes les observations. Elle les exprime sous une forme très condensée et permet d'en prévoir d'autres. Quand ils diffèrent davantage, des exceptions apparaissent. Il le faut bien, puisque l'évolution n'est pas régie par une seule loi, ni même par un seul groupe de lois toujours concordantes, mais évidemment par des lois nombreuses, d'origines diverses, indépendantes les unes des autres et fréquemment en conflit. Alors les exceptions révèlent des lois évolutives particulières, ou des bifurcations de la loi générale, ou encore peut-être, dans l'état très imparfait de nos connaissances, des erreurs d'homologie.

Bien entendu, ce que j'ai dit de la présence ou de l'absence d'un organe peut se dire de la présence ou de l'absence d'un caractère de tout ou rien, c'est-à-dire tel que chaque organe du groupe ne puisse que l'avoir ou ne l'avoir pas, sans ambiguïté et sans états intermédiaires. Dans ce cas la liste de priorité énumère les organes dans l'ordre décroissant des forces plus ou moins grandes avec lesquelles ils portent le caractère.

Voici quelques exemples :

1° *Le caractère acanthoïdique des poils tarsaux I et II dans le genre* Bimichælia.

D'après les espèces que j'ai étudiées jusqu'ici, la liste de priorité, sans exception, est

$$(p),\quad u',\quad u'',\quad s,\quad a',\quad a'',\quad (pv),\quad v'1\quad (^2).$$

Aux poils proraux (p) le caractère acanthoïdique est très fort. Il est constant dès la larve, dans tous les cas. Au poil $v'1$ où ce caractère,

(2) Pour mes notations des poils pédieux voyez le *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 65, 1940, p. 32-39, et 66, 1941, p. 34-38. Le poil $v'1$ est celui qui est derrière pv' sur le même alignement longitudinal.

inversement, est le plus faible, je ne l'ai observé que sous la forme d'écarts par excès, seulement au 1[er] tarse, chez des adultes d'une seule espèce. Un tarse qui a l'acanthoïde $v'1$ doit avoir les 9 autres indiqués par la liste et c'est bien ce que l'on constate. Plus généralement il suffit de dire le nombre des acanthoïdes pour un *Bimichælia* quelconque, qu'il soit adulte ou immature, pour savoir où ils sont. Ainsi, quand il y a 5 acanthoïdes, ce sont nécessairement les poils proraux (p), les unguinaux (u) et le subunguinal s. S'il y en a 6 ce sont toujours les 5 précédents et l'antélatéral a' etc.

La liste montre aussi que le caractère acanthoïdique, s'il n'affecte pas également les deux poils d'une paire, est plus fort du côté paraxial que du côté antiaxial.

2° *Les poils larvaires des tibias III et les poils proto et deutonymphaux des tibias IV, chez les Oribates et les Endeostigmata, lorsque le nombre de ces poils n'est pas supérieur à 3.*

La liste de priorité est

$$v', \quad d, \quad l',$$

sauf trois exceptions dont je ne connais pas les causes (*Teleioliodes madininensis*, *Eulohmannia Ribagai*, *Parhypochthonius aphidinus*) et sauf les cas de suppression solénidionale du poil d.

J'ai fait remarquer depuis longtemps que le poil dorsal d peut disparaître comme conséquence de son groupement avec le solénidion dorsal φ [3]. C'est une évolution particulière qui n'a rien à voir avec l'évolution régressive habituelle. Le poil supprimé, qu'il soit fort ou faible, est un de ceux qui se trouvaient au voisinage du solénidion.

La suppression solénidionale de d est fréquente chez les Oribates, sur les tibias et les génuaux. Il faut en tenir compte également dans les deux exemples qui suivent.

3° *Les poils des tibias I et II, chez les Oribates et les Endeostigmata, quand l'adulte a 5 poils et que la larve en a 3.*

La liste de priorité est

$$(v', \ d, \ l'), \ l'', \ v''.$$

Cette liste exprime le comportement normal des tibias II.

Aux tibias I et II les 3 poils larvaires v', d et l' paraissent avoir des forces égales. Je connais cependant un exemple où une différence apparaît. C'est

---

(3) *Bull. Soc. Zool. France*, 60, 1935, p. 19-23.

celui de *Phthiracarus anonymum*, au tibia II. Le poil l' s'y montre le plus faible, car il manque, et les deux autres sont présents.

4° *Les poils des tibias I et II, chez les Oribates et les Endeostigmata, quand l'adulte a 5 poils et que la larve en a 4.*

Deux listes de priorité sont possibles, selon les espèces :

$$(v', d, l', l''), v'' \text{ et } (v', d, l', v''), l''.$$

La coexistence de deux listes, chez les Acariens de tout un sous-ordre, n'aurait rien d'invraisemblable, mais je crois qu'elle révèle ici une erreur d'homologie. Les poils qualifiés de l'' et v'' ne seraient pas toujours homologues les uns des autres. Pour cette question difficile je ne peux que renvoyer à ce que j'en ai dit à propos de *Camisia* (1). Le 4e poil larvaire serait un poil li'' qui pourrait occuper les positions l'' ou v'', ou rester à sa place, ou manquer.

Le 4e poil larvaire est donc moins fort que les 3 autres, et toutes les listes de priorité, qu'il s'agisse des tibias I, II, III ou IV, doivent commencer par v', d et l'. Ce résultat est très remarquable car les poils v' et l' sont antiaxiaux aux pattes III et IV et paraxiaux aux pattes I et II, comme le veut la loi d'homologie parallèle. Leur force plus grande ne provient donc pas d'une similitude de fonctions, mais d'une qualité ancienne et fondamentale qu'ils partageaient sans doute avec d'autres poils, primitivement, et qu'ils ont mieux conservée.

5° *Les segments de l'opisthosoma chez les acariens actinochitineux.*

La liste de priorité est

(I à V), VI, VII, VIII.

Le numérotage des segments part du médiodorsum. Jusqu'ici j'ai constaté l'existence larvaire des 5 premiers chez toutes les espèces dont j'ai étudié l'ontogénie. Les 3 autres peuvent manquer. Le 6e, qui est protonymphal, est quasi constant. Le 7e, qui est deutonymphal, est très commun, mais il manque chez davantage d'acariens que le 6e. Quant au 8e segment, le plus faible, il n'est connu, à partir de la tritonymphe, que chez un petit nombre de genres (*Parhypochthonius, Speleorchestes*, la plupart des *Pachygnathidæ*, les *Terpnacaridæ*).

La liste a une signification précise parce que l'identité de numéro, pour des segments, qu'il s'agisse d'adultes ou de formes immatures, implique

(1) *Bull. Mus. Hist. nat. Paris*, 2e série, **12**, 1940, p. 62-64.

leur homologie. Je crois du moins qu'il en est ainsi d'après un ensemble d'observations concordantes, mais un doute subsiste encore parce que les observations ne sont pas cruciales et qu'elles sont troublées dans certains cas, notamment chez les Oribates, par des apparences contraires. Dans un travail ultérieur je reviendrai sur cette question.

MÉTALLURGIE. — *Sur les traitements thermiques des aciers.* Note (1) de M. GEORGES CHARPY.

J'ai présenté à l'Académie, en 1893 et 1894, plusieurs Notes (2) ultérieurement développées dans un Mémoire intitulé *Étude sur la trempe de l'acier* (3). Ce travail, effectué sur la demande et sous le contrôle de la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, et pour l'exécution duquel furent créés les premiers modèles de fours électriques de laboratoire chauffés par résistances, utilisait ces appareils, d'une part à la préparation d'éprouvettes pour essais mécaniques d'aciers divers trempés à partir de différentes températures, numériquement définies par le pyromètre de Le Chatelier, d'autre part à l'étude par enregistrement photographique, et à l'échauffement comme au refroidissement, de la recalescence et des phénomènes thermiques analogues signalés antérieurement par Gore, Barett et Osmond.

Henry Le Chatelier, qui avait provoqué et suivi cette étude, considéra qu'elle avait « définitivement établi la corrélation directe entre le phénomène de la recalescence et les changements de propriétés mécaniques produits par la trempe. » [*L'état actuel des théories de la trempe de l'acier* (*Revue générale des Sciences*, 15 janvier 1897).]

Aucune des nombreuses recherches effectuées depuis cette époque sur le même sujet n'a infirmé cette conclusion, dont on conçoit facilement le grand intérêt pratique; il est cependant utile d'en reprendre l'examen de temps en temps, ne serait-ce que pour tenir compte des progrès de la technique, et surtout de l'augmentation considérable et continue du nombre des alliages utilisés dans l'industrie sous le nom d'aciers. Les recherches

(1) Séance du 22 septembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 126, 1893, p. 1131; 128, 1894, pp. 418, 868 et 1258; 129, 1894, p. 735.

(3) *Bull. Soc. Encouragement Industrie Nationale*, 4e série, 10, juin 1894, p. 655.

dont nous parlons plus haut ont d'ailleurs porté, en majorité, sur l'étude des transformations d'ordre physicochimique subies par les aciers à diverses températures, qui ne constitue qu'une des faces du problème pratique; beaucoup moins nombreuses sont les publications relatives à l'autre face du problème, c'est-à-dire à des essais méthodiquement organisés et utilisant tous les progrès de la technique expérimentale, pour définir avec précision les propriétés mécaniques réalisables avec différents types d'acier, par application de traitements thermiques couramment utilisables. On obtient cependant de ce côté des données qui, même considérées comme purement empiriques, sont presque toujours directement utilisables dans les opérations industrielles.

L'effet d'un traitement thermique peut faire, dans beaucoup de cas simples, l'objet d'un diagramme suffisamment instructif. Par exemple, l'influence de la trempe dans un liquide se représente par un tracé dans lequel les abscisses correspondent à la température de chauffage, et les ordonnées à une propriété telle que la résistance à la traction, la dureté Brinell, la résilience etc. Il est clair que tous les points marqués sur un tel diagramme doivent correspondre à des opérations faites dans des conditions rigoureusement définies (nature de l'acier, dimensions de l'échantillon, nature et quantité du liquide de trempe etc.); il faudra, par suite, un nombre assez considérable de diagrammes pour représenter les faits les plus importants relatifs à un seul type d'acier. C'est là une grosse complication que ferait, *peut-être*, disparaître une connaissance théorique complète du phénomène, mais que, dans l'état actuel de nos connaissances, il ne paraît pas possible d'éviter.

Bien que ces observations se rapportent à des faits connus, il n'est pas inutile de les préciser par un exemple.

Les figures 1 et 2 reproduisent les diagrammes qui représentent les effets de la trempe à l'eau sur deux aciers usuels. Chacun des points marqués d'une croix correspond à une mesure de dureté effectuée sur un échantillon trempé à la température marquée; les points entourés de petits cercles correspondent à des mesures de dilatation faites sur les mêmes métaux; dans les deux cas, on a marqué seulement les points déterminés expérimentalement. Ces tracés sont empruntés à une collection actuellement en cours de constitution avec le concours de MM. Pierre Pingault et René Clavère.

La figure 1 donne le diagramme de trempe et la courbe de dilatation d'un acier au carbone ayant presque exactement la composition de la perlite. Il est clair que pour régler l'opération de trempe d'un tel acier, et tenir compte, éventuellement, des différences qui peuvent exister entre deux échantillons provenant de coulées différentes, il suffit, étant donnée la forme très simple des tracés, de connaître la courbe de dilatation. Mais il n'en est pas de même pour le métal auquel se rapporte la figure 2, qui est un acier contenant environ 1,5 % de chrome et 3,5 % de nickel. Ici la courbe de dilatation indique une transformation s'étendant sur un assez grand intervalle de température, dont il est d'ailleurs difficile d'apprécier avec précision le

commencement et la fin; de plus certains accidents bien marqués dans l'une des courbes ne correspondent à aucune particularité de l'autre. Les difficultés d'interprétation qui résultent de ces observations sont encore bien plus importantes quand on

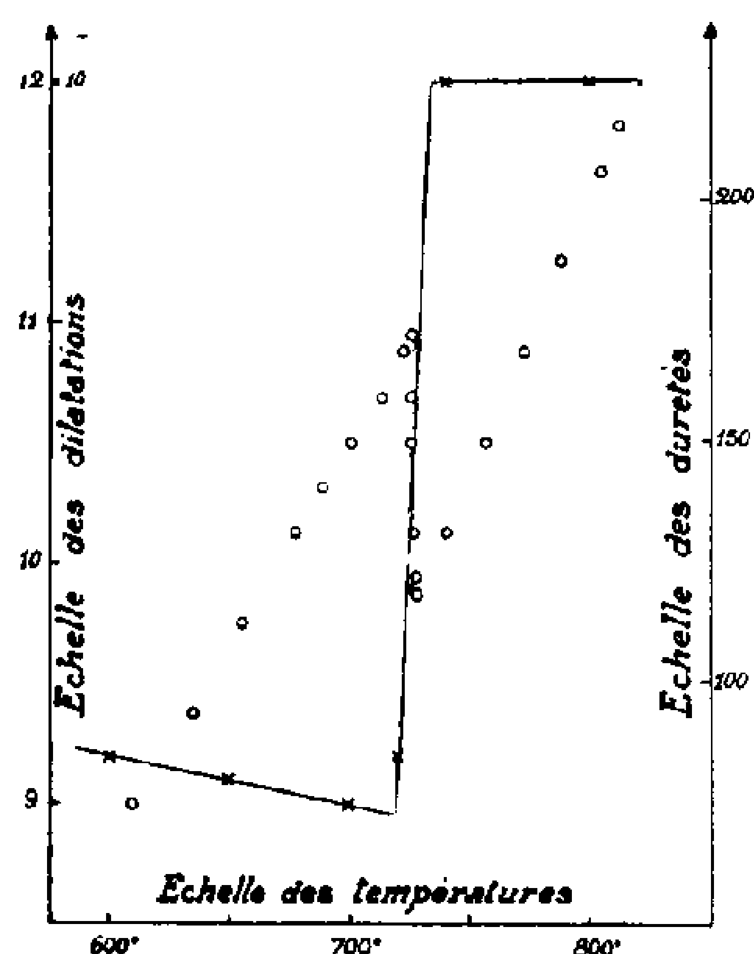


Fig. 1.

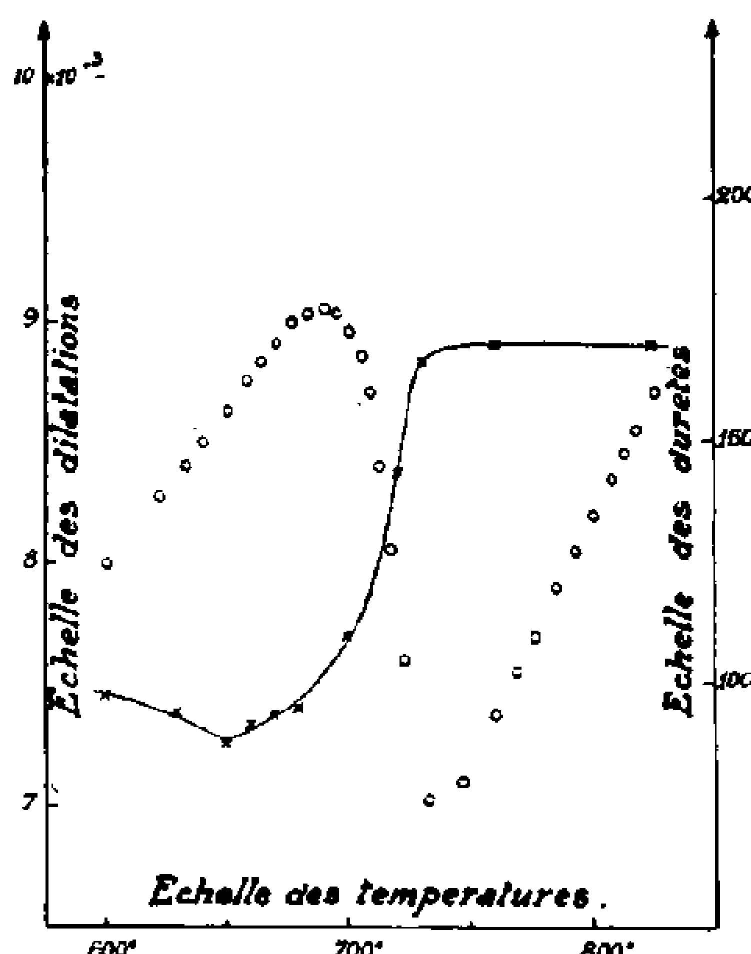


Fig. 2.

considère des traitements thermiques (et ils sont très nombreux), qui font intervenir des transformations irréversibles, celles-ci marquant peu ou pas sur les courbes relatives aux dilatations ou à d'autres phénomènes de nature analogue, qui conviennent surtout pour l'étude des transformations réversibles.

Ce qui précède conduit à attribuer, tout au moins en ce qui concerne les applications pratiques, beaucoup plus d'importance qu'on ne l'a fait jusqu'ici aux diagrammes de traitements thermiques et surtout à leur détermination précise; celle-ci ne présente d'ailleurs pas de difficulté spéciale, et dès qu'on l'effectue avec des soins suffisants, on voit apparaître des conclusions intéressantes.

En premier lieu, on constate facilement que le diagramme correspondant à un traitement déterminé se présente, pour un acier déterminé, sous une forme bien constante et aussi caractéristique de cet acier que la courbe représentant la variation d'une propriété quelconque en fonction de la température.

Par exemple, le minimum de dureté que l'on observe sur la figure 2 à la température de 650° se retrouve à la même température sur les diagrammes de tous les aciers présentant sensiblement la même composition chimique; sur des aciers de composition différente, on observe encore, en général, un minimum de dureté, mais à des températures qui peuvent être nettement différentes; pour certains aciers hypereutectiques, elles peuvent dépasser 750°.

En second lieu, on peut vérifier que les données numériques déduites du diagramme de traitement peuvent être transportées, du laboratoire dans l'atelier, avec des écarts qui ne dépendent que du réglage des fours et appareils employés et qui peuvent être réduits, à l'heure actuelle, à un très petit nombre de degrés. Cela présente un grand intérêt pratique, car la déformation des diagrammes de traitement, produite par les différences de composition est assez marquée pour qu'on puisse, en en tenant compte, déterminer les corrections de traitement à appliquer à divers échantillons d'un même type d'acier, pour faire concorder exactement l'une ou l'autre de leurs propriétés.

Voici un exemple d'un problème de ce genre qui se présente souvent dans les opérations industrielles :

Dans une fabrication en série comportant l'emploi d'aciers analogues à celui qui est visé dans la figure 2 soumis à un traitement de trempe et de recuit, on observait, en recuisant toutes les pièces à la même température des variations de la résistance à la traction atteignant au moins une vingtaine de kilogrammes (de 85 à 105^{kg} par millimètre carré), dues aux petites différences de composition entre les différentes coulées, effectuées cependant en vue d'arriver à une analyse constante. En déterminant le diagramme de traitement de chaque coulée et s'en servant pour faire varier la température de recuit, on a pu rendre ces différences quatre fois plus petites et amener la résistance de toutes les pièces entre 100 et 105^{kg} par millimètre carré.

On pourrait facilement citer de nombreux exemples de ce genre et cependant le moyen d'action puissant et relativement peu coûteux que constitue le traitement thermique est très loin d'être employé aussi fréquemment et aussi efficacement qu'il serait possible. Pour aider à cette généralisation, que rendent particulièrement désirable les difficultés de l'heure actuelle, il ne paraît pas inutile de souligner que l'on peut obtenir des résultats pratiques importants sans avoir à attendre de nouveaux progrès scientifiques, simplement par l'emploi judicieux et systématique de procédés et de méthodes parfaitement connus.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Étude théorique et expérimentale des jets gazeux supersoniques.* Note [1] de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

La théorie générale [2] des mouvements tridimensionnels presque rectilignes, pouvant comprendre des discontinuités d'un ordre quelconque,

---

(1) Séance du 22 septembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 472.

m'a permis d'obtenir ([3]) la solution sans discontinuités et une solution avec ondes de choc du problème d'un jet gazeux de section presque carrée. C'est la deuxième de ces solutions que nous discuterons dans cette Note en conservant les notations des communications précitées.

1. Les lignes équipotentielles, les lignes de courant et les traces des ondes de choc, ces dernières en trait plus épais, sont données, pour une période, dans les figures 1 et 3 respectivement pour une section *diagonale*, passant par l'axe du jet et les diagonales de ses sections droites, et une section *médiane*, passant par l'axe du jet orthogonalement à ses côtés. La figure 2 donne trois sections droites du jet, orthogonales à son axe. Ces figures ont été calculées en donnant aux paramètres des équations (2) de la Note précitée([2]) les valeurs $a^2 = q_1^2/c^2 - 1 = 3$, $a_1 = a_2 = 1 : \sqrt{2}$, $\alpha = 0,1$.

2. Dans les applications aux jets émis par une tuyère à détente plus ou moins complète, on peut définir le paramètre α par la surpression maxima $p - p_1$ au centre de l'orifice de la tuyère. Ainsi, avec les équations (2), il vient $\alpha = (p - p_1)\sin^2\theta_1 : p_1 2\sqrt{2}\gamma$, où θ_1 est l'angle de Mach en un point de pression p_1 et de vitesse q_1. La variation de pression $p - p_1$ est liée à la valeur locale de l'angle θ de Mach par l'équation $p - p_1 = p_1(\sin\theta_1 - \sin\theta)\operatorname{séc}^2\theta_1 \operatorname{coséc}\theta_1$.

3. Pour nous représenter le système d'ondes de choc dans l'espace, considérons la figure 4 où sont tracées d'une façon schématique les ondes $w_1 = n\pi$ et $\overline{w_1} = n\pi$, $\pm n = 0, 1, 2, 3, \ldots$. Pour obtenir le système d'ondes $w_2 = n\pi$, $\overline{w_2} = n\pi$, il faut tourner le système d'ondes du schéma 4 de $\pi/2$ autour de l'axe du jet. On obtient le schéma complet en superposant ces deux systèmes d'ondes qui se coupent le long des arêtes *ao*, *bo*, *co*, *do* et oa_1, ob_1, oc_1, od_1, de domaines en forme de pyramides, où la densité est respectivement maxima et minima. Les points correspondants sur les figures 1, 3, 4 sont désignés par les mêmes lettres.

4. Les photographies 6 et 7, obtenues par le procédé des ombres de Dvorak, correspondent à un éclairage respectivement perpendiculaire à un côté et parallèle à une diagonale de l'orifice de la tuyère convergente-divergente (*fig.* 5), réalisée pour l'étude expérimentale des jets de section carrée ($17 \times 17^{\text{mm}^2}$). Le jet était obtenu par la détente dans l'atmosphère de l'air soumis, dans un réservoir de 1^{m^3}, à une pression $p = 5,5 p_1$, où p_1 est la pression atmosphérique. Le point lumineux

---

([3]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1765.

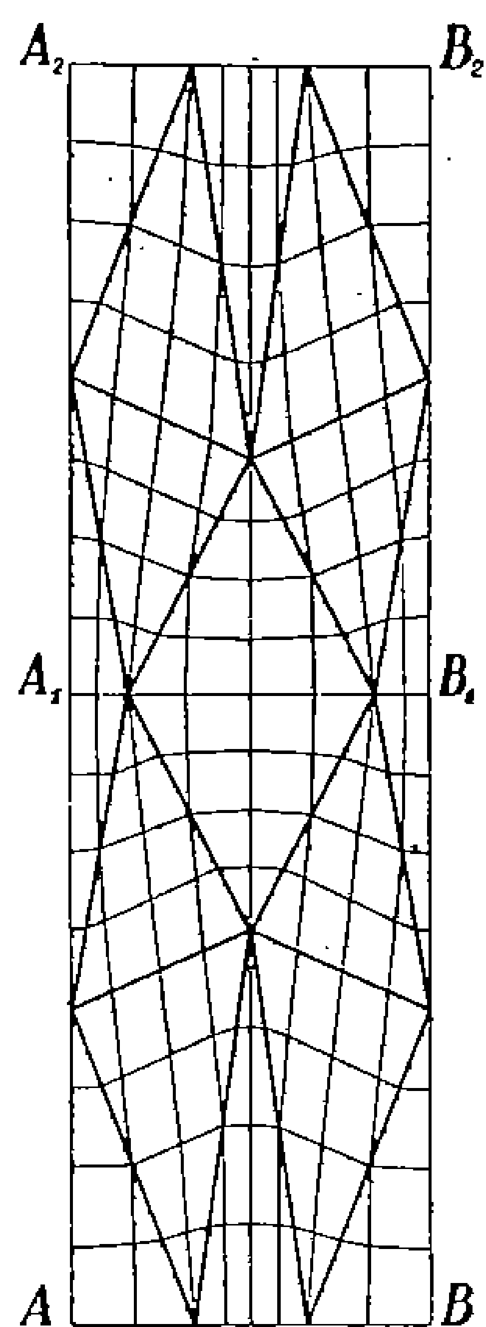
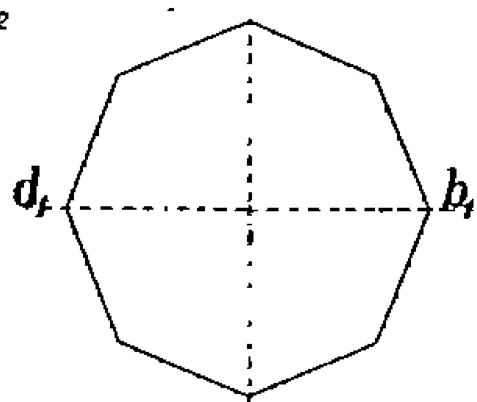
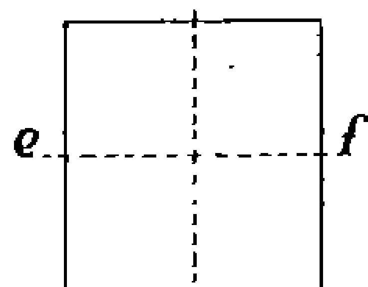


Fig. 1.





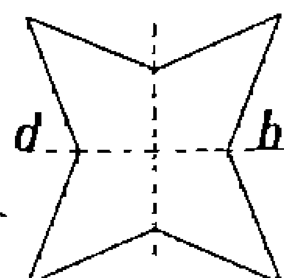


Fig. 2.

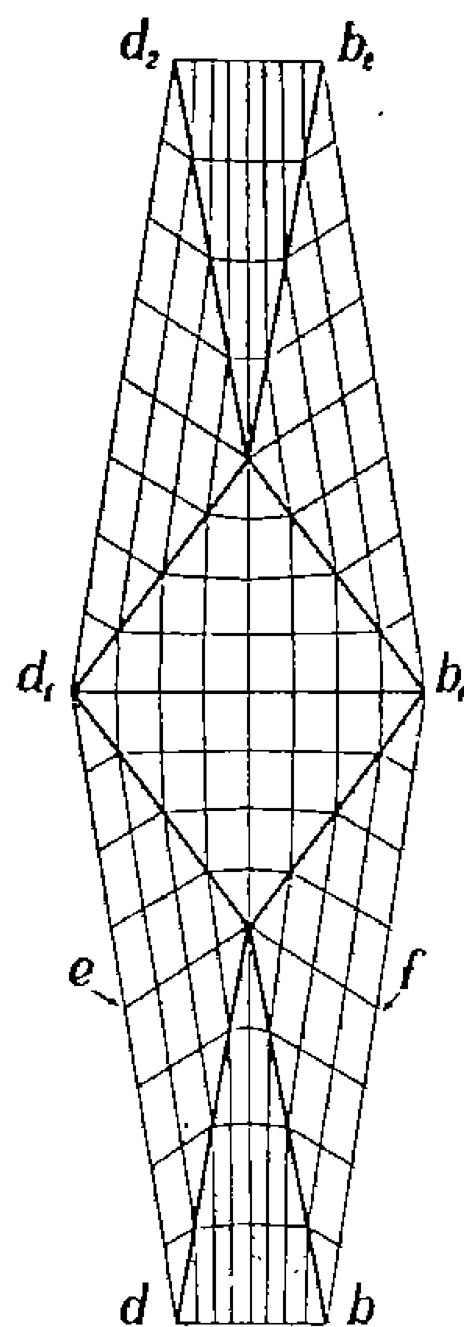


Fig. 3.

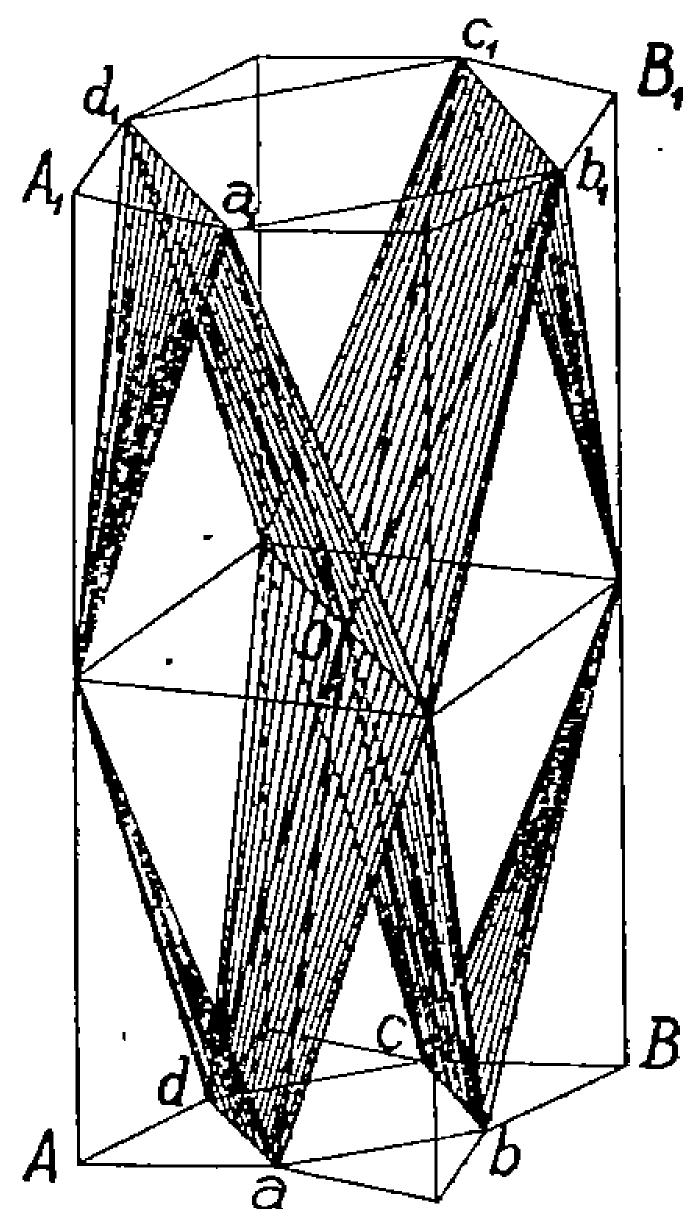


Fig. 4.



Fig. 5.

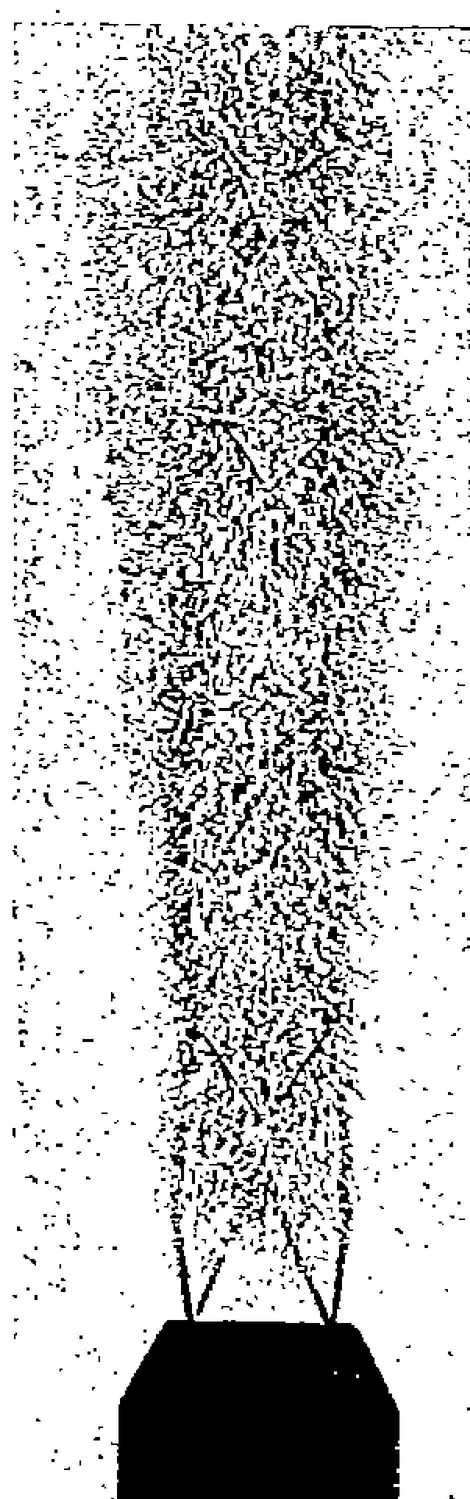


Fig. 6.



Fig. 7.

était produit par le dispositif d'amorçage stroborama de MM. L. et A. Seguin et l'éclateur Libessart.

5. Les discontinuités prenant naissance à l'extrémité de sortie de la tuyère, on peut admettre que le carré *abcd* de la figure 4 correspond à l'orifice de la tuyère, tandis que les masses environnantes d'air, entraînées par le frottement, complètent en quelque sorte les parties du jet, extérieures à ce carré. Cette remarque conduit à faire correspondre les singularités de la partie ABB_1A_1 de la figure 1 et celles de la partie dbb_1d_1 de la figure 3 respectivement aux singularités similaires des figures 6 et 7.

Il résulte des deux formules de la section 2 et de l'examen des figures 6 et 7 qu'au voisinage de l'orifice de la tuyère on a $p - p_1 = 0,385 p_1$ et, par conséquent, $\alpha = 0,0307$. La dépression correspondante $p - p_1 = -0,385 p_1$ n'est pas atteinte dans la zone de densité minima, où l'on ne trouve approximativement que $p - p_1 = 0$.

Le mouvement dans les zones de compression progressive, telles que $d_1b_1b_2d_2$ (*fig.* 3), étant, en général, instable, cette compression se produit par ondes de choc et le jet se transforme en un *chapelet* de zones de détente progressive séparées par des zones étroites de brusque recompression. Ce sont de pareilles singularités qui furent photographiées en 1899 par Emden sous la forme de disques équidistants dans un jet de section circulaire et qu'on aperçoit, sous une forme différente, sur les figures 6 et 7 d'un jet de section carrée.

L'appareil de l'analogie hydraulique m'a permis [1] de bien mettre en

---

[1] *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1727. La première Note, où j'ai développé ma théorie de l'analogie hydraulique des mouvements bidimensionnels d'un fluide compressible, généralisant la théorie déjà ancienne, bien connue et que j'ai mentionnée, de l'analogie des mouvements rectilignes, a été présentée à l'Académie le 28 novembre 1932 (*Comptes rendus*, 195, 1932, p. 998). Peu après M. Émile Jouguet a attiré mon attention sur son Mémoire *Quelques problèmes d'hydrodynamique générale* (*Journ. de Math.*, 8ᵉ série, 3, 1920, p. 3-13). Dans ce travail notre Confrère discute d'une façon approfondie le problème de l'analogie hydraulique des mouvements rectilignes, par tranches parallèles, mais on n'y trouve pas d'observations sur l'analogie des mouvements bidimensionnels. Je donne ces précisions pour élucider le malentendu qui a conduit M. v. Karman à écrire : *Die Analogie zwischen der zweidimensionalen Strömung eines Gases und der zweidimensionalen Wasserströmung in einem offenen Gerinne wurde meines Wissens zuerst von Jouguet angegeben. Die Analogie wurde weiter ausgearbeitet und weitgehend zu Untersuchungen von Gasströmungen benutzt von Riabouchinsky* (*Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, Berlin, 18, 1938, p. 49.)

évidence l'instabilité des mouvements de compression, le mécanisme de la formation des ondes de choc dans ces conditions et la dissipation d'énergie qui en résulte.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Corrrespondance :

Jean Torlais. *Le journal d'un bourgeois de La Rochelle pendant la Révolution* (Document inédit).

GÉOMÉTRIE PROJECTIVE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les couples de surfaces admettant mêmes directrices de Wilczynski.* Note (¹) de M. **Marcel Decuyper.**

Soit (M) une surface non réglée rapportée à ses asymptotiques (u, v) et à son tétraèdre normal de Cartan $MM_1M_2M_3$. MM_1 et MM_2 sont les tangentes asymptotiques, MM_3 est la première directrice de Wilczynski, M_3 son intersection avec la quadrique de Lie du point M, M_1M_2 est la seconde directrice.

La surface (M) est définie projectivement par les équations

$$\frac{\partial M}{\partial u}=\frac{M}{2}\frac{\partial\log\gamma}{\partial u}+M_1,\qquad \frac{\partial M}{\partial v}=\frac{M}{2}\frac{\partial\log\beta}{\partial v}+M_2,$$

$$\frac{\partial M_1}{\partial u}=MB^2-\frac{M_1}{2}\frac{\partial\log\gamma}{\partial u}+\beta M_2,\qquad \frac{\partial M_1}{\partial v}=Ml+\frac{M_1}{2}\frac{\partial\log\beta}{\partial v}+M_3,$$

$$\frac{\partial M_2}{\partial u}=Mk+\frac{M_2}{2}\frac{\partial\log\gamma}{\partial u}+M_3,\qquad \frac{\partial M_2}{\partial v}=MA^2+M_1\gamma-\frac{M_2}{2}\frac{\partial\log\beta}{\partial v},$$

$$\frac{\partial M_3}{\partial u}=M\beta A^2+M_1k+M_2B^2-\frac{M_3}{2}\frac{\partial\log\gamma}{\partial u},\qquad \frac{\partial M_3}{\partial v}=M\gamma B^2+M_1A^2+M_2l-\frac{M_3}{2}\frac{\partial\log\beta}{\partial v},$$

où β, γ, k, l, A^2, B^2 sont liés par les conditions d'intégrabilité

$$2k=\beta\gamma-\frac{\partial^2\log\beta}{\partial u\,\partial v},\qquad 2l=\beta\gamma-\frac{\partial^2\log\gamma}{\partial u\,\partial v},$$

$$(A^2)_u=k_v+k\frac{\partial\log\beta}{\partial v},\qquad (B^2)_v=l_u+l\frac{\partial\log\gamma}{\partial u},$$

$$A(\beta A)_v=B(\gamma B)_u.$$

(¹) Séance du 22 septembre 1941.

Nous allons établir quelques propriétés relatives à une surface (M) dont les directrices sont en même temps directrices pour une autre surface.

1. Soit une surface (P) admettant MM_3 pour première directrice, M_1M_2 pour deuxième directrice.

a. Si P est confondu avec M_3, en écrivant que le plan tangent en P contient M_1M_2, on a les conditions

$$A = B = 0.$$

Dans ce cas, les deux surfaces (M), (M_3) forment un couple de Demoulin Godeaux avec mêmes quadriques de Lie.

b. En dehors de ce cas, nous pouvons déterminer P par $\lambda(u, v)$ tel que

$$P = M + \lambda M_3.$$

En écrivant que le point caractéristique du plan (PM_1M_2) est P, nous avons

$$(1)\qquad \lambda_u = \lambda\frac{\partial \log\gamma}{\partial u} + \lambda^2\beta A^2, \qquad \lambda_v = \lambda\frac{\partial \log\beta}{\partial v} + \lambda^2\gamma B^2.$$

La condition $\lambda_{uv} = \lambda_{vu}$, se réduit à

$$(2)\qquad \lambda\left(\frac{\partial^2 \log\gamma}{\partial u\,\partial v} - \frac{\partial^2 \log\beta}{\partial u\,\partial v}\right) = 0.$$

Nous n'aurons donc de solutions différentes de zéro que si

$$(3)\qquad \frac{\partial^2 \log\beta}{\partial u\,\partial v} = \frac{\partial^2 \log\gamma}{\partial u\,\partial v} \qquad \text{ou} \qquad k = l.$$

La surface (M) est alors isotherme asymptotique.

Donc, *si deux surfaces* (M) *et* (P) *ont mêmes première et deuxième directrices en tous leurs points correspondants, elles forment un couple de Demoulin-Godeaux, ou bien elles sont toutes deux isothermes asymptotiques.*

2. Soit maintenant une surface (P) admettant M_1M_2 pour première directrice, MM_3 pour seconde. Nous déterminerons P par $P = M_1 + \mu M_2$.

En écrivant que le point caractéristique du plan (PMM_3) est P, nous obtenons :

$$(4)\qquad \mu_u = -\beta - \mu\frac{\partial \log\gamma}{\partial u}, \qquad \mu_v = \mu^2\gamma + \mu\frac{\partial \log\beta}{\partial v}.$$

La condition $\mu_{uv} = \mu_{vu}$ donne

$$(5)\qquad \mu\left(\frac{\partial^2 \log\beta}{\partial u\,\partial v} + \frac{\partial^2 \log\gamma}{\partial u\,\partial v} - 2\beta\gamma\right) = 0.$$

Pour que la solution $\mu = 0$ convienne, il faudrait, d'après la première équation (4), que β fût nul, c'est-à-dire que la surface (M) fût réglée, hypothèse que nous avons écartée.

Le système (4) n'a donc de solutions que dans le cas de la complète intégrabilité, où l'on a

$$\frac{\partial^2 \log\beta}{\partial u\, \partial v} + \frac{\partial^2 \log\gamma}{\partial u\, \partial v} - 2\beta\gamma = 0,$$

condition qui peut s'écrire aussi

$$k + l = 0. \tag{6}$$

Les congruences des premières et deuxièmes directrices de la surface (M) *ne peuvent être congruences des deuxièmes et premières directrices d'une autre surface que si la condition* (6) *est satisfaite.*

3. Les deux conditions (3) et (6) ne peuvent être satisfaites simultanément que pour

$$k = l = 0.$$

Alors les deux congruences de directrices de la surface (M) forment un couple stratifiable, et les deux asymptotiques des deux familles de cette surface appartiennent à des complexes linéaires.

Étant donnée une surface (M), *s'il existe* 1° *une surface* (P) *ne formant pas avec un couple de Demoulin-Godeaux et ayant mêmes premières et secondes directrices de Wilczynski que* (M); 2° *une surface* (Q) *ayant pour premières et secondes directrices respectivement les secondes et premières directrices de* (M), *les asymptotiques des deux familles de* (M) *appartiennent à des complexes linéaires.*

Réciproquement, étant donné une surface dont les asymptotiques des deux familles appartiennent à des complexes linéaires, les congruences des directrices de Wilczynski forment un couple stratifiable, et les surfaces de stratification admettent mêmes directrices de Wilczynski que la surface considérée.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur les nombres transfinis.*

Note [1] de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Émile Borel.

I. Toute loi d'ordination de la suite des entiers positifs [condition $n \prec p$ (n antérieur à p) ou $n \succ p$ (n ultérieur à p) énoncée pour tout couple n, p

---

[1] Séance du 22 septembre 1941.

avec $n \prec p$, $p \prec q$ s'accompagnant toujours de $n \prec q$], autre que

(N) $$1 \prec 2 \prec \ldots \prec n \prec \ldots \qquad (n \prec p \text{ si } n < p),$$

sera dite une *permutation* de la suite (N). Toute application d'un ensemble dénombrable sur une permutation P de (N) définit une énumération et une ordination de D, et réciproquement.

La condition que n vienne immédiatement après $n-2$ pour $n \geqq 3$, 1 et 2 restant inchangés, donne la permutation $1 \prec 3 \prec 5 \prec \ldots \prec 2 \prec 4 \prec 6 \prec \ldots$ dont le type est de rang $\omega \times 2$.

x étant un nombre du segment 0,1, soit $\Sigma a_n/n!$ $(0 \leqq a_n \leqq n-1)$, ce que j'appelle le *développement népérien* de x [2]. Les entiers a_n seront dits les *chiffres* de ce développement $E(a_1, a_2, \ldots)$. On peut associer l'un à l'autre toute permutation P de (N) et tout développement népérien, par la condition suivante : e'_{n-1} étant l'ensemble des nombres $1, 2, \ldots, n-1$ disposés entre eux conformément à P, et précédés de 0 [étranger à (N) et ne participant pas à P], choisissons pour a_n celui des entiers de e'_{n-1} après lequel, en vertu de P, n vient se placer dans e'_n.

Pour que la permutation P *définie par* $E(a_1, a_2, \ldots)$ *soit bien ordonnée, il faut et il suffit que :*

1° *Aucun chiffre* a (y compris 0) *ne se rencontre une infinité de fois dans* E ;

2° *Quelle que soit la façon de choisir* n_1, *puis le rang* n_2 *où l'on trouve le chiffre* n_1 $(a_{n_2} = n_1)$, *puis le rang* n_3 *où l'on trouve le chiffre* n_2 $(a_{n_3} = n_2)$, *etc., et si la suite ne s'arrête pas, le chiffre* n_p *cesse de se rencontrer entre les rangs* n_p *et* n_{p+1}, *à partir d'une certaine valeur de* p.

Donc, *nous caractérisons ainsi un nombre transfini sans énoncer explicitement l'hypothèse de la construction de tous les nombres antérieurs à lui.*

II. Le RANG d'un élément d'un ensemble ordonné E est une notion définie dès que E n'admet aucune transformation en lui-même, qui, sans changer la loi d'ordination de E, conserverait le sens de l'inégalité ordinale de tout couple d'éléments de E.

Exemple. — P étant un ensemble parfait totalement discontinu linéaire, E ordonné dans le sens des abscisses croissantes est formé de n points sur l'intervalle contigu u_n à P et de points empruntés à P.

Un ensemble bien ordonné E satisfait à cette condition. Pour un ensemble de cette nature la notion de rang est plus générale que celle de

(2) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 886.

type d'ordination T(E). Car celle-ci n'est l'invariant commun qu'aux ensembles semblables à E, tandis que celle de rang d'un élément a de E est invariante pour tous les éléments a' d'ensembles bien ordonnés E', a' étant homologue de a dans l'application non seulement de E sur E' semblable à E, mais aussi de E sur un segment de tout E' plus étendu que E, ou enfin d'un segment de E contenant a sur un segment semblable de E', dès que E' admet un tel segment.

Le *nombre ordinal* est ce qui qualifie le rang d'un élément d'un ensemble bien ordonné. C'est la plus grande source de complications purement artificielles de la théorie du transfini, que de confondre les deux notions du nombre ordinal et du type de bonne ordination. 10 qualifie le rang de l'élément qui vient après le neuvième. 10 n'est pas la manière de ranger sur une file une collection d'objets (dont le nombre cardinal est 10).

On utilise des nombres ordinaux négatifs ou nuls. Le nombre ordinal fini proprement dit est *positif* (≥ 1). Nous l'appelons *arithmétique*, par opposition au nombre ordinal *algébrique* (négatif) ou *semi-arithmétique* (0). Dans la suite (O) formée des *nombres ordinaux finis arithmétiques* ou *transfinis, le nombre occupant le* α^e *rang est* α. A la rigueur pourrait-on identifier le nombre ordinal de (O) à son rang.

Voici à quoi se réduit le théorème de Zermelo quand on évite de l'obscurcir par l'ambiguïté de sens du nombre ordinal, tantôt rang et tantôt type d'ordination :

« ϖ désignant la puissance d'un ensemble déterminé E et S_ϖ l'ensemble des nombres ordinaux égaux aux rangs d'éléments d'ensembles bien ordonnés de puissance au plus égale à ϖ, la puissance de S_ϖ ne peut pas être au plus égale à ϖ ».

En effet, soit λ le plus petit nombre ordinal supérieur à tous les nombres de S_ϖ. D'après la définition d'un nombre de S_ϖ, il est évident que si a appartient à S_ϖ, tout nombre inférieur à a est aussi dans S_ϖ. Donc S_ϖ est le segment de λ; S_ϖ accru de λ est bien ordonné. Il a même puissance que S_ϖ. Si cette puissance était au plus égale à ϖ, λ serait dans S_ϖ, ce qui est absurde.

La démonstration habituelle si laborieuse ne contient rien de plus que ce qui précède.

III. Les types de bonne ordination s'ordonnent par la condition : $T \prec T'$ si un ensemble de type T est semblable à un segment d'un ensemble de type T'. Dès lors, ces types sont bien ordonnés et chacun possède un rang. Le premier T_1 est le type de (a_1), le $n^{\text{ième}}$, soit T_n, est le type de $(a_1, a_2, \ldots, a_n)$ ordonné dans le sens des indices croissants, le premier venant après tous ceux-là, soit T_ω, est le type de $(a_1, a_2, \ldots)$.

Quel que soit α *transfini*, T_α *est le type du segment* $S(\alpha, O)$ *de* α *dans* (O). *Si* α *est fini*, T_α *est le type de* $S(\alpha + 1, O)$.

Les segments d'un ensemble de type T_α forment un ensemble de type T_α si α est transfini, de type $T_{\alpha-1}$ si α est fini. Ce n'est pas en appelant zéro le nombre 1 et en considérant le segment *néant* (relatif à a_1) que l'on efface une différence de nature irréductible. Celle-ci apparaît encore dans le produit des ordinations.

Ajouter deux types d'ordination T et T', c'est former le type de l'ensemble obtenu en plaçant bout à bout un ensemble de type T suivi d'un ensemble de type T'. Le produit $T \times T'$ est le type de l'ensemble obtenu en substituant à tout élément d'un ensemble de type T' un ensemble de type T. Soit E_α un ensemble bien ordonné ayant un dernier élément de rang α, et G_α un ensemble de type T_α. Donc, si α est fini, E_α et G_α sont échangeables. Si α est transfini, E_α est un $G_{\alpha+1}$. Cantor définit avec raison $\alpha + \beta$ et $\alpha \times \beta$ par les conditions

$$T_\alpha + T_\beta = T_{\alpha+\beta}, \qquad T_\alpha \times T_\beta = T_{\alpha\times\beta}.$$

On trouve alors que $T(E_\alpha) + T(E_\beta) = T(E_{\alpha+\beta})$, et, *si* β *est fini*,

$$T(E_\alpha) \times T(E_\beta) = T(E_{\alpha\times\beta}),$$

mais *si* β *est transfini*,

$$T(E_\alpha) \times T(E_\beta) = T(E_{\alpha\times\beta+\alpha}) \neq T(E_{\alpha\times\beta}).$$

PHYSIQUE. — *Sur la représentation d'une fonction expérimentale par une fraction rationnelle.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons exposé ([1]) une méthode de représentation d'une loi expérimentale, assez fidèle pour permettre la dérivation, au moyen d'une courbe définie par une expression analytique. L'expression choisie est la dérivée du quotient, par un polynome de degré $(n+1)$, d'un polynome de degré n (pratiquement $n=1$), à laquelle on ajoute une constante. La détermination des coefficients se fait en identifiant, dans chacun des intervalles partiels en lesquels on a partagé, à cet effet, l'intervalle expérimental, la valeur moyenne $\overline{Y}$ de l'expression analytique, et celle $\overline{y}$ de la fonction expérimentale.

([1]) *Comptes rendus*, **210**, 1940, pp. 329 et 475; **211**, 1940 p. 134.

I. Les intervalles partiels étant choisis, il faut déterminer les valeurs moyennes $\bar{y}$. Chaque intervalle partiel étant partagé en bandes, on groupe ces bandes par 2, 3, ou 4, comme nous l'avons expliqué, et par les formules que nous avons données ou rappelées, on calcule l'aire de chaque groupe; d'où se déduit l'aire de l'intervalle partiel, et, partant, $\bar{y}$.

Si les ordonnées expérimentales sont équidistantes, le calcul est assez simple. Le groupement des ordonnées par 2 donne sensiblement le même résultat (si les mesures sont très précises) que le groupement par 4, moins simple. On peut aussi choisir, au milieu de l'intervalle partiel, un groupe de 2 bandes, lequel est limité par un arc de parabole passant par 3 points expérimentaux consécutifs, et lui adjoindre progressivement, de chaque côté, une nouvelle bande, limitée par un arc de parabole défini par la condition de passer par le nouveau point expérimental correspondant, et être tangent à l'arc précédent à son extrémité. Le calcul montre que l'on obtient ainsi la même valeur moyenne $\bar{y}$ que si l'on s'était contenté de juxtaposer des groupes de 2 bandes (ce qui équivalait à joindre les points expérimentaux 3 par 3, au moyen d'arcs de paraboles non raccordés). On se contentera donc, d'ordinaire, de quarrer l'intervalle partiel au moyen de groupes de 2 bandes, complétés, si le nombre des bandes est impair, par un groupe de 3 bandes.

Si les ordonnées expérimentales ne sont pas équidistantes, le maniement des formules devient très pénible. Il est plus simple alors de joindre sur un graphique à grande échelle, les points expérimentaux par une ligne sinueuse, aussi peu arbitraire que possible, et d'en déduire les valeurs d'ordonnées d'abscisses équidistantes, en nombre voisin de celui des points expérimentaux. Nous avons contrôlé, sur des exemples numériques, que ce procédé, beaucoup plus pratique, était équivalent à l'usage rigoureux de la méthode.

Si, au lieu de former une suite, les points expérimentaux forment un véritable nuage, il suffit de grouper arbitrairement ces points en un certain nombre de suites où ils sont joints par des lignes éventuellement sinueuses, dont on prend la ligne moyenne. Nous avons contrôlé, en effet, dans des nuages formés, soit de suites régulières superposées, soit de points pris au hasard, qu'en groupant différemment ces points en lignes *plus* ou *moins* sinueuses et *moins* ou *plus* nombreuses, à la ligne moyenne desquelles on appliquait les formules de quadrature expérimentale rappelées ci-dessus, on obtenait toujours sensiblement la même valeur moyenne.

II. Sachant calculer commodément les valeurs moyennes, on veut

calculer commodément les coefficients de l'expression

$$M + d[(Ax + B) : (x^2 + Cx + D)] : dx.$$

On y arrive par les algorithmes suivants (que nous avons, d'autre part, généralisés pour le cas d'une représentation comportant 7 paramètres au lieu de 5).

Les intervalles partiels étant limités par les abscisses $x_0 = 0$, x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, et les valeurs moyennes expérimentales étant $\overline{y_1}$, $\overline{y_2}$, $\overline{y_3}$, $\overline{y_4}$, $\overline{y_5}$, on pose ($i \geqq 2$)

$$\begin{aligned}
p_i &= (\overline{y_i} - \overline{y_{i-1}}) : (x_i - x_{i-2}),\\
\delta_i &= p_i - p_{i-1},\\
\sigma_i &= (x_{i-3}\sigma_{i-1} + \delta_i) : x_i \qquad (i \geqq 3;\quad \sigma_3 x_3 = \delta_3),\\
\Delta_i &= \sigma_i - \sigma_{i-1},
\end{aligned}$$

C et D sont alors donnés immédiatement par les systèmes à deux inconnues

$$\begin{aligned}
\delta_4 C + \Delta_4 D &= x_1 p_3 - x_4 p_4,\\
\delta_5 C + \Delta_5 D &= x_2 p_4 - x_5 p_5.
\end{aligned}$$

D'où découlent successivement M, B et A :

$$\begin{aligned}
M &= \overline{y_3} + (C + x_1)p_3 + D\sigma_3,\\
-B : D &= x_1(\overline{y_1} - M) + (C + x_2)(\overline{y_2} - M) + Dp_2,\\
A &= (C + x_1)B : D + (x_1^2 + Cx_1 + D)(\overline{y_1} - M).
\end{aligned}$$

Les calculs numériques, qui doivent être extrêmement précis, sont faits, par exemple, à la table de logarithmes à 7 décimales.

III. Le type d'expression analytique adopté semble bien choisi; mais il paraît n'avoir aucune signification profonde. A 5 paramètres, il convient pour représenter une fonction expérimentale paraissant se rapprocher d'une asymptote horizontale, et présentant, au plus, deux maximum ou minimum, et trois points d'inflexion.

Nous l'avons appliqué à des expériences de convection, très soignées, de notre collaborateur M. Jules Fleury, où s'observait une variation de température admettant d'abord un maximum, puis un point d'inflexion, et enfin une asymptote horizontale; ainsi qu'à des expressions analytiques de types très variés, présentant cette même allure.

L'approximation obtenue est très remarquable, mais ne dépasse pas ce que réclament de très bonnes expériences de physique (du millième au dix-millième). Le type de stylisation choisi ne présenterait aucun intérêt dans une question de mathématiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Oxydes supérieurs de bismuth et bismuthates.* Note de M. **Henri Martin-Frère**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons effectué depuis un an un ensemble de recherches sur les composés oxygénés supérieurs du bismuth et en particulier les bismuthates.

En 1906, Gutbier et Bünz (1) avaient déjà tenté d'isoler ces composés, mais leurs conclusions ne comportaient rien de définitif.

Une publication récente de Scholder et Stobbe (2) nous incite à faire connaître l'état actuel de nos travaux dont les résultats se rapprochent de ceux de ces auteurs, bien que les méthodes de préparation employées ne soient pas absolument identiques. Alors que ces auteurs semblent avoir surtout utilisé comme agent oxydant l'hypochlorite de sodium, nous avons préféré opérer avec le persulfate de sodium qui nous a donné de très bons résultats. D'autres moyens d'oxydation, eau oxygénée en milieu alcalin ou ammoniacal, ont fourni de faibles rendements.

L'oxydation par le persulfate de sodium de l'hydroxyde de bismuth $Bi(OH)^3$ en suspension dans la soude bouillante et concentrée, de titre compris entre 45 et 62 %, nous a toujours conduit à des précipités fortement chargés en alcalis et incomplètement oxydés. Un second traitement au persulfate ne permet pas d'augmenter sensiblement l'oxygène actif.

Si l'on traite l'hydroxyde de bismuth en solution dans la soude concentrée à 60 % à l'ébullition par une solution chaude et concentrée de persulfate de sodium, on peut isoler un précipité jaune orangé fortement oxydant qui, par dilution dans une grande quantité d'eau froide, se sépare complètement. Ce précipité, lavé plusieurs fois à l'eau froide jusqu'à réaction neutre et séché sous vide sulfurique, possède la composition centésimale ci-dessous :

	Trouvé. I.	II.	III.	Théorie pour BiO^3Na.
Bismuth (%)	73,4	72,8	75,5	74,6
Oxygène actif	5,5	5,47	5,25	5,7
Sodium	9,52	9,1	8,6	8,2

La formule BiO^3Na peut donc être admise.

(1) *Z. anorg. Chem.*, **48**, 1906, p. 162 et 294; **49**, 1906, p. 432; **50**, 1906, p. 210; **52**, 1907, p. 124.

(2) *Z. anorg. Chem.*, **247**, 1941, p. 392.

La décomposition du bismuthate de sodium en milieu acide dilué nous a permis d'isoler le tétroxyde de bismuth Bi^2O^4. Mais nous n'avons en aucun cas réussi à séparer de l'acide bismuthique BiO^3H ou de l'anhydride bismuthique Bi^2O^5. Ces composés ne nous semblent pas exister à l'état libre. Dans nos expériences, le bismuthate de sodium, traité par l'acide nitrique à 5 % à 0° pendant 12 heures, a donné un résidu correspondant sensiblement à Bi^2O^4 mais renfermant encore de petites quantités d'alcalis.

Au point de vue de leurs propriétés, les bismuthates sont des corps très oxydants qui libèrent facilement leur oxygène actif en milieu acide. Ils sont un peu solubles dans les alcalis concentrés, libèrent quantitativement le chlore de l'acide chlorhydrique et transforment intégralement l'acide arsénieux en solution chlorhydrique en acide arsénique. Le sulfate manganeux en solution sulfurique est oxydé à froid par le bismuthate en permanganate. Cette réaction permet de suivre qualitativement le pouvoir oxydant au cours des préparations.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une préparation synthétique des 3.alcoyl- ou arylcyclohexènes-1*. Note de M. **André Berlande**.

La préparation d'un 3.alcoyl- ou arylcyclohexène-1 s'effectue habituellement par déshydratation d'un cyclohexanol, ou par enlèvement d'hydracide halogéné au dérivé monohalogéné d'un carbure cyclohexanique. Elle fournit un mélange de carbures cyclohexéniques dont la séparation est, sinon impossible, du moins fort laborieuse.

Je me suis adressé pour réaliser cette préparation au 3.chloro- ou bromocyclohexène-1, que l'on sait obtenir, à l'état pur depuis les travaux de Crossley ([1]), Hofmann et Damm ([2]), Courtot et Pierron ([3]). *A priori*, en effet, leur structure et leur activité chimique s'apparentent à celles des halogénures d'allyle; j'ai par suite envisagé l'application à ces dérivés du cyclohexène de la méthode utilisée par Tiffeneau ([4]) et par Kirrmann ([5]) dans le cas des halogénures allyliques.

([1]) *J. Chem. Soc. London*, 85, 1904, p. 1422.

([2]) *Schlesisches Kohlenforschungsinstitut. Chem. Zentr.*, 1926, p. 234.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 45, 1929, p. 288.

([4]) *Comptes rendus*, 139, 1904, p. 481.

([5]) *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 39, 1926, p. 988.

La condensation du 3.chloro- ou bromocyclohexène-1 avec un composé organomagnésien s'effectue très facilement, même à — 15°, mais elle est complexe, et il importe de se placer dans des conditions de concentration et de température soigneusement délimitées si l'on veut donner une part prépondérante à la réaction



$$X{-}Mg{-}R + X{-}C^6H^9 = X^2Mg + R{-}C^6H^9.$$

Une élévation de température, une augmentation de concentration favorisent l'arrachement d'hydracide halogéné, avec formation, d'une part de cyclohexadiène-1.3, d'autre part de carbure RH, et aussi de produits plus complexes.

Dans la solution éthérée de l'halogénure d'alcoyl- ou d'arylmagnésium (préparée par exemple avec 1/3 at-g de magnésium et 1/3 mol-g d'alcoyl- ou d'arylhalogène dans 150$^{cm^3}$ d'éther), solution maintenue au voisinage de 0° et constamment agitée, on verse, peu à peu, après dosage de la teneur en magnésien, la quantité équivalente d'halogénure cyclohexénique. On abandonne ensuite une demi-heure à la température du laboratoire, puis l'on traite suivant les méthodes habituelles.

Le carbure cyclohexénique séparé par distillation est parfois souillé d'halogénure. On se débarrasse de la majeure partie de ce dernier en entraînant le carbure à la vapeur d'eau. Une ébullition prolongée en présence de sodium, suivie d'une rectification, fournit un carbure passant à point fixe.

Le rendement atteint 70 %. Il s'est formé, en outre, en proportion croissante avec la température, du cyhlohexadiène-1.3, et du bicyclohexényle.

Voici quelques-uns des carbures isolés à l'état pur, et caractérisés par diverses réactions. La position de la double liaison a été contrôlée par oxydation nitrique ou permanganique.

3.*Méthylcyclohexène*-1. — C'est le seul homologue en 3 du cyclohexène antérieurement isolé à l'état pur. Godchot, Mousseron et Granger [6] l'ont séparé de l'isomère 4 par des fractionnements très soignés. Ils indiquent les constantes E_{760} 104°; d^{14} 0,803; n^{14} 1,4459. Après un seul fractionnement, le carbure que j'ai préparé passe entièrement entre 103° et 104°; d^{26} 0,799; n^{26} 1,4332. Le dérivé dibromé, formé en solution chloroformique à — 10°, a pour constantes : E_{35} 130°; d^{28} 1668; n^{28} 1,5370. L'oxy-

(6) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 480.

dation permanganique fournit de l'acide α-méthyladipique fondant à 63°.

3. *Éthylcyclohexène*-1. — E_{760} 131°,5; d^{26} 0,810; n^{26} 1,4490. Son dérivé d'addition dibromé a pour constantes E_{45} 153°; d^{28} 1,590; n^{28} 1,5332. Chauffé, en solution dans l'alcool absolu, avec de l'éthylate de sodium, il fournit un éthylcyclohexadiène E_{760} 136-137°; d^{28} 0,840; n^{28} 1,4780. L'oxydation nitrique donne de l'acide α-éthyladipique F 48°.

3. *Phénylcyclohexène*-1. — E_{760} 235°; d^{26} 0,967; n^{26} 1,5440. Son dérivé d'addition dibromé se décompose partiellement, lors de la distillation, même sous pression réduite, en libérant de l'acide bromhydrique. Le phénylcylohexadiène engendré, après recristallisation dans l'alcool, fond à 66°. L'oxydation permanganique du phénylcyclohexène fournit de l'acide phénylvalérianique F 58°, et un diacide, probablement l'acide α-phényladipique, non signalé jusque là.

Le spectre Raman de tous les carbures obtenus fera l'objet d'une étude spéciale.

GÉOLOGIE. — *Sur la transgression mésocrétacée et l'évolution de la chaîne hercynienne sud-marocaine, à travers le Secondaire.* Note de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

On sait que la grande chaîne hercynienne de l'Anti-Atlas, qui s'étend de l'Atlantique jusqu'en Algérie en passant sous la Hammada du Guir, a été soumise à une évolution continentale dès sa surrection, c'est-à-dire dès la fin des temps primaires. Roch, Moret, Neltner, Dresch, Dubar, Menchikoff et moi-même avons étudié, dans des secteurs différents, les dépôts permo-triasiques et jurassiques de la région atlasique, ainsi que l'allure et les limites de leurs transgressions, dont aucune n'a dépassé le bord Nord du socle saharien, formé par l'Anti-Atlas. Des faciès côtiers se développent le long de cette ligne et prennent une importance variable suivant les étages et les points considérés.

Au Sud de ces anciens rivages, l'évolution continentale s'est poursuivie sans interruption, le soulèvement progressif du pays résultant sans doute de la compensation isostatique des matériaux enlevés par l'érosion. On n'a aucune donnée précise sur cette évolution durant le Trias et le Jurassique. Seule, la reconstitution de la surface de base du Crétacé et des contours des bassins créés par la transgression mésocrétacée permet d'entrevoir ce que fut cette longue histoire continentale. Appuyée sur les travaux de

Bondon, Bourcart, Clariond et des auteurs cités plus haut, une telle reconstitution conduit aux conclusions suivantes :

1° La transgression mésocrétacée n'a jamais recouvert la chaîne hercynienne anti-atlasique. Au Nord, ses dépôts forment le bassin atlasique qui s'étalait sur l'emplacement du Haut-Atlas; au Sud, ils constituent de même le bassin grossièrement elliptique de la Hammada de Taouz ainsi qu'un golfe, ouvert sur l'Atlantique, situé à l'embouchure du Drâ.

2° Le bassin atlasique et celui de la Hammada sont tous les deux bordés par des dépôts côtiers, et ce n'est qu'à une certaine distance des anciens rivages que la série mésocrétacée devient normale avec ses trois termes classiques : grès rouges infra-cénomaniens, marnes à gypse cénomaniennes et calcaires cénomano-turoniens. Les dépôts subcôtiers, puis côtiers, sont caractérisés par : *a.* une diminution graduelle de la puissance de ces trois termes; *b.* la fusion des deux termes inférieurs, en une seule série rouge argilosableuse, qui finit elle-même par disparaître complètement; *c.* le passage progressif du puissant complexe terminal des calcaires à silex massifs et fossilifères à une couche peu épaisse de calcaires souvent bréchoïdes et manganésifères.

Ce Crétacé côtier, réduit et peu résistant, est presque partout détruit par l'érosion, ce qui rend difficile la reconstitution des anciens rivages. Au Nord, on le trouve conservé dans les buttes témoins de Tifnout, dans la région d'Imini, celle d'Imiter, ainsi que sur les deux côtés de la Hammada du Guir qui l'a préservé de la destruction (Hassi Beraber et Tiberbatine). En s'éloignant de ces points vers le Nord, on passe à la série des gypses, classique, évoquée plus haut, déposée de plus en plus loin des côtes. Sur le pourtour du bassin de la Hammada, les faciès côtiers sont largement développés au Sud de Ktaoua (coude du Drâ). On les retrouve après une courte disparition sous la Hammada du Drâ, à Zegdou, à Chefaïa (Oued Daoura), aux Gour Goudiane etc. L'érosion les a presque complètement détruits le long du rivage nord de ce bassin. On doit les retrouver au Teniet Kseir où le Crétacé disparaît sous la Hammada du Guir.

3. Malgré la durée de l'évolution continentale, la surface recouverte par le Crétacé, au lieu d'être une pénéplaine parfaite, présente une topographie assez accusée. Ce sont tantôt des dépressions remblayées par les grès rouges infracénomaniens, dont l'épaisseur est, de ce fait, très variable, tantôt des crêtes formées par des roches résistantes (quartzites ou calcaires), qui n'ont été recouvertes que par les calcaires cénomano-turoniens, ou bien sont toujours restés émergées. Exemples : Rich M'Bidia au Sud du Ktaoua

(Dévonien) portant une pellicule de calcaire cénomano-turonien; flanc sud de l'anticlinal de Tafenna à l'Est du Ktaoua (Ordovicien) avec ses buttes témoins de Crétacé; Djebel Ouçada près de Zegdou (Ordovicien) etc.

L'étude des bassins crétacés, de leur faciès et de la configuration de la surface précrétacique permettent de se représenter la chaîne de l'Anti-Atlas, jusqu'à Colomb Béchar, comme ayant formé, durant tout le Secondaire, une zone de reliefs plus ou moins accusés. Au Jurassique, elle séparait les deux pénéplaines atlasique et saharienne; au Crétacé, les deux bassins marins.

Il est peu probable que ce relief, imparfaitement raboté, puisse être le résultat d'une seule phase d'érosion ininterrompue depuis la fin du Primaire. Il est beaucoup plus vraisemblable, au contraire, qu'un ou plusieurs soulèvements tectoniques ou isostatiques aient provoqué des reprises d'érosion. Tel serait par exemple le soulèvement contemporain de la phase dite antécénomanienne du Haut-Atlas, que P. Fallot appelle *deuxième phase* (1), et qui se place entre l'Oxfordien et le Kiméridgien.

De même, la trangression mésocrétacée semble être, non pas une simple avancée marine sur une pénéplaine abaissée par des mouvements verticaux, mais une conséquence directe d'une nouvelle action des forces tangentielles, qui ont provoqué un nouveau soulèvement du pli de fond hercynien, compensée par la formation de deux zones d'abaissement le bordant au Nord et au Sud. Cependant, au lieu d'être une zone de subsidence à sédimentation profonde dont les rivages moulent le bord Nord du socle africain, comme le fait la fosse jurassique, le bassin atlasique crétacé est franchement épicontinental, caractérisé par des dépôts lagunaires et néritiques. Il s'étale beaucoup plus loin au Sud que la mer jurassique, et ses rivages, quoique également orientés OSO-ENE, peuvent localement atteindre la zone axiale de la chaîne hercynienne.

GÉOLOGIE DYNAMIQUE. — *Sur quelques applications géologiques de la théorie de l'élasticité.* Note de M. **Pierre Despujols**, présentée par M. Charles Jacob.

L'étude des propriétés élastiques du sol nous a fourni des conclusions qui peuvent intéresser les géologues.

Considérons des terrains soumis en profondeur à une pression P, résultant

(1) P. Fallot, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 648.

de leur poids et, le cas échéant, de forces tectoniques. Supposons, pour la commodité de l'exposé, cette pression verticale. Si nous creusons dans la roche, supposée homogène et isotrope, une cavité de forme arrondie, il semble que la paroi de la voûte sera toujours distendue au sommet et au voisinage du sommet. Nous avons fait le calcul dans quelques cas particuliers : la tension est égale à P dans une galerie circulaire, à 0,59 P dans une cavité sphérique, à 0,33 P dans une cavité parabolique à axe vertical. Dans une galerie, la largeur de la zone distendue est égale au rayon ; dans les autres cas, le diamètre de la calotte distendue vaut 1,20 fois le rayon de la sphère, et 1,63 fois le paramètre du paraboloïde. Ce dernier exemple est particulièrement intéressant, car les dômes dessinés par la surface des batholites ont une forme qui rappelle plus ou moins celle d'un paraboloïde de révolution.

Si nous introduisons un fluide dans la cavité, la pression intérieure pourra réduire la dilatation des terrains; elle pourra même la changer en compression; elle pourra, au sens usuel des termes, soutenir le toit, mais elle augmentera la tension horizontale déjà positive.

Il résulte de là que, si la profondeur de la cavité ou la pression du fluide est suffisante, la voûte sera rompue et le fluide sera injecté dans les terrains.

Nous pouvons remplacer le fluide par une masse pâteuse, à condition qu'au repos, c'est-à-dire en l'absence de frottements dus à la vitesse, cette masse transmette les pressions conformément au principe de Pascal.

L'origine des filons éruptifs peut donc s'expliquer par la rupture du toit des massifs de moyenne profondeur. Aux grandes profondeurs, nous ignorons, malgré ce que peut apprendre la transmission des ondes sismiques, si les roches jouissent des mêmes propriétés élastiques que les corps solides.

D'autre part, quand un tel massif se solidifie et que la différenciation du magma se poursuit, le phénomène mécanique limite est le contact d'une roche élastique et d'un résidu fluide. Mais cette limite n'est généralement pas atteinte, car l'équilibre élastique ne peut s'établir suivant une surface de contact différant sensiblement d'une surface plane. Il y a donc rupture du massif solidifié, ou en cours de solidification, et départ du résidu, comme il y a départ des scories dans une éponge de fer battue à la forge. Telle est l'*origine* des filons proprement dits, abstraction faite des phénomènes thermiques, qui pourront faire l'objet de considérations ultérieures.

La même remarque s'applique à la migration des huiles minérales. A

moins de constituer avec la roche une seule et même phase, l'huile ne peut séjourner dans une couche élastique homogène soumise à une pression suffisante. Elle monte donc à travers les terrains, soit pour imprégner une couche hétérogène, soit pour se répandre à la surface du sol sous forme de suintement.

Passons à l'*extension* des fissures et des filons. Le calcul de la tension aux extrémités d'une fente conduit à une valeur infinie, que le terrain soit distendu ou que la fente soit remplie d'un fluide sous pression. Les fissures et les filons s'étendent donc tant que l'une ou l'autre cause subsiste.

Les fissures tectoniques rentrent dans le cadre de la tectonique générale, et, spécialement, de la tectonique du granite. De plus leur extension est stable, car toute tendance accidentelle à la déviation est aussitôt corrigée par la naissance d'une tendance inverse.

Il en va autrement des filons ouverts par la pression des fluides : ils sont en relation avec des phénomènes profonds; et, d'après le calcul, leurs déviations accidentelles se corrigent d'autant moins qu'elles se produisent plus près de la surface du sol.

Si les fissures et les filons sont dus à des forces horizontales, les failles s'*étendent* sous l'action de forces verticales, d'efforts tranchants pour employer le langage de la résistance des matériaux. Comme pour les fissures d'origine tectonique, le phénomène est stable.

Il ne semble pas qu'une faille puisse s'amorcer sous l'action des forces superficielles de gravité. Si l'on assimile en effet une chaîne de montagnes à un parallélépipède rectangle, dont la section repose sur la plaine suivant un segment de droite AB, hypothèse favorable à la fatigue des terrains, on constate que les surfaces d'égale compression appartiennent à des cylindres de révolution dont les directrices passent par A et B, et que la compression, maximum le long du contact, décroît, de cylindre à cylindre, pour s'annuler à la surface de la plaine. Il n'y a pas, dans la limite des réactions élastiques, tendance au cisaillement.

En fait, l'*origine* des failles échappe à la théorie de l'élasticité; on se la représente aisément comme la suite de déformations permanentes notables : flexures résultant de la rémission des forces tectoniques tangentielles, ou refoulements produits en profondeur par l'exagération de ces forces.

HYDROGÉOLOGIE. — *Niveau d'eau sous pression aux points bas du contact des terrains perméables recouverts par des terrains imperméables.* Note de M. **Albert Robaux**, présentée par M. Charles Jacob.

Des études géologiques et hydrologiques, aussi bien en France qu'en Afrique du Nord, m'ont permis de constater qu'il existe souvent, pour ne pas dire toujours, une ou plusieurs sources d'allure artésienne, à l'endroit précis où, dans un pli monoclinal, un terrain imperméable commence à recouvrir un terrain perméable.

On sait que, lorsqu'un terrain imperméable recouvre, en concordance ou en discordance, un terrain perméable qui disparaît en profondeur, à une certaine distance des affleurements se trouve une nappe d'eau sous pression qu'on a coutume de rechercher par sondage. L'eau est souvent artésienne, toujours ascendante.

Dans l'ensemble de ce dispositif, il existe un point singulier, le point le plus bas en surface du contact entre le terrain perméable et le terrain imperméable. En ce point on trouve presque toujours une source artésienne, à moins que celle-ci ne reste cachée sous les alluvions.

Lorsque plusieurs vallées coupent un tel dispositif assez étendu, l'eau tend à sortir surtout vers le point le plus bas du contact, mais il peut y avoir d'autres émergences à proximité des vallées importantes. Lorsque la vallée est remplie d'alluvions, tout puits, ou toute galerie atteignant ces points rencontre souvent des venues d'eau. Le débit est fonction des facteurs habituels.

Comme exemples on peut citer : les sources la bordure Sud-Est du Bassin de Paris ([1]) (Crétacé marneux recouvrant les calcaires du Portlandien), les sources du Nord du Bassin de l'Aquitaine (Jurassique moyen imperméable sur les calcaires sous-jacents), les sources au Nord et au Sud des chaînes anticlinales du Moyen Atlas, du Grand Atlas, et de l'Atlas au Maroc; les sources de Miliana au flanc du Zaccar en Algérie (Gault argileux sur les calcaires néocomiens), les sources du Sud-tunisien (Crétacé marneux sur calcaires kimméridgiens) etc.

Il s'agit d'expliquer ce fait que j'ai souvent observé, mais qui paraît assez peu connu.

L'hypothèse la plus simple voudrait que l'eau déborde tout simplement

---

([1]) A. Robaux, *Congrès International des Mines, Métallurgie et Géologie Appliquée, Section Géologie Appliquée,* Paris, 1935, p. 683-690.

en ce point bas, c'est-à-dire que les terrains aquifères soient gorgés d'eau et que tout apport nouveau, arrêté par les terrains imperméables, coule par le déversoir naturel de la vallée. Dans le détail, la manière d'être de l'eau en ce point précis est cependant plus compliquée, car il n'y a pas remplissage complet des vides du terrain aquifère : certains sondages, qui sont descendus à 80^{m} sous une source artésienne toute proche sans trouver d'eau, l'ont démontré. Il faut donc penser que seules certaines fissures sont remplies et que, l'écoulement en profondeur selon ces fissures étant ralenti ou impossible, l'eau nouvelle provoque alors le dégorgement.

Le mécanisme depuis l'amont jusqu'à l'aval du point d'émergence qui aurait la cote 0, serait alors le suivant : En amont, dans tout le bassin hydrogéologique, certaines fissures ou diaclases, ou même certaines couches, drainent les eaux d'infiltration. Le pendage règle l'écoulement de l'eau; mais la pression peut être considérée comme nulle, puisque les fissures, sans doute anatomosées, peuvent faire communiquer l'air extérieur et les zones aquifères. Cheminant ainsi, l'eau se présente à la cote 0. En dessous de cette cote, les vides sont plus ou moins remplis d'une eau dont, à partir de ce moment, l'écoulement est très lent, par suite des pertes de charge, de l'absence de pression et aussi d'issues vers l'aval. De ce fait l'eau tend à emprunter les passages plus faciles qui s'offrent à elle vers l'air libre ou les alluvions de la vallée; *elle se met légèrement en charge* et émerge au point le plus bas avec des caractères d'eau artésienne. En dessous de la cote 0, la pression augmente de plus en plus, les moindres fissures sont alors remplies; tous les sondages sont alors productifs, ce qui n'est pas forcément le cas aux environs de la cote 0, où la pression, faible ou nulle, ne permet pas une imbibition totale.

Parfois, avant d'émerger à la surface, l'eau des sources artésiennes suit un parcours souterrain assez long; elle peut alors se réchauffer et apparaître avec une température légèrement supérieure à la normale. Dans ce cas, le débit reste en général constant; au contraire les grosses sources froides, c'est-à-dire celles dont l'eau vient plus directement du versant d'absorption vers l'air libre, sont sujettes à des variations de débit comme les simples sources d'émergence.

En définitive, une loi semble pouvoir s'énoncer sous la forme suivante :

Quand un terrain perméable, affecté d'un pendage, disparaît en profondeur sous un terrain imperméable, concordant ou non, on constate, aux environs des points bas principaux de ce contact, et surtout aux points les plus bas qui sont les passages des vallées importantes, une zone d'eaux à

allure artésienne qui sont les émergences d'une nappe imbibant tout ou partie du terrain perméable. Le débit de ces points d'eau est fonction des différents facteurs habituels.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Polygalacées. Développement de l'embryon chez le* Polygala vulgaris *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

L'embryon du *Polygala vulgaris* vient encore se ranger, à côté de celui des Rhamnacées, dans le cycle de formes qui se développent selon le type embryonomique du *Geum urbanum* (¹). Les données embryogéniques se montrent, par là, d'accord avec les conclusions des systématiciens qui, pour la plupart, placent au voisinage de l'alliance des Célastrales ou Frangulinées, de laquelle font partie les Rhamnacées, celle des Sapindales ou Æsculinées, à laquelle appartiennent les Polygalacées.

La paroi de segmentation dans la cellule apicale (*fig.* 1) est normalement verticale (*fig.* 4), quoique apparaissant fréquemment inclinée sur l'axe (*fig.* 3). Elle est suivie de deux autres parois, plus ou moins nettement verticales, qui séparent quatre quadrants dont les noyaux se rangent à peu près dans le même plan horizontal (*fig.* 5, 6, 7, 8). Pendant ce temps, la cellule basale se segmente transversalement pour engendrer deux cellules superposées, *m* et *ci* (*fig.* 2), qui se divisent peu après, à leur tour, *m* verticalement et *ci* transversalement (*fig.* 4, 5). Ainsi se constituent, par bipartitions successives, une tétrade en T, puis un proembryon octocellulaire à quatre étages.

Les quatre quadrants ne se cloisonnent pas tous de la même manière. A cet égard, les plus grandes analogies peuvent être établies avec ce qui se passe chez le *Geranium molle* (²). Deux d'entre eux, par exemple l'antérieur droit et le postérieur gauche (*fig.* 11 et 12), se segmentent à peu près transversalement pour donner deux éléments superposés *l* et *l'*, tout à fait comparables à des octants, tandis que les deux autres se divisent par des parois à peu près verticales, parallèles aux parois méridiennes, pour engendrer deux cellules juxtaposées, l'une voisine de l'axe *c*, d'apparence quadrangulaire, l'autre périphérique *c'*, d'apparence triangulaire. Ces cloisons se montrent parfois très inclinées, formant avec l'axe un angle voisin de 45° (*fig.* 13 et 14). Il résulte de ce mode de cloisonnement des quadrants, que les coupes longitudinales du proembryon, aux stades suivants, offrent des aspects différents : si elles passent par un plan méridien coupant par leur milieu les deux quadrants segmentés transversalement, elles laissent apparaître au sommet un groupe épiphysaire, produit par les deux

(¹) R. Souèges, *Comptes rendus*, 174, 1922, pp. 1070 et 1197; 200, 1935, p. 1972; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 70, 1923, p. 645.

(²) R. Souèges, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 556.

éléments *l*, symétriquement construit (*fig.* 17 et 19); si elles passent par un plan méridien, formant avec le précédent un angle de 90°, elles ne présentent pas au sommet du groupe épiphysaire nettement différencié (*fig.* 10, 15, 18, 22); enfin si elles sont comprises dans un plan intermédiaire, orienté à 45° environ sur les deux précédents, elles offrent une cellule épiphysaire asymétriquement disposée, correspondant

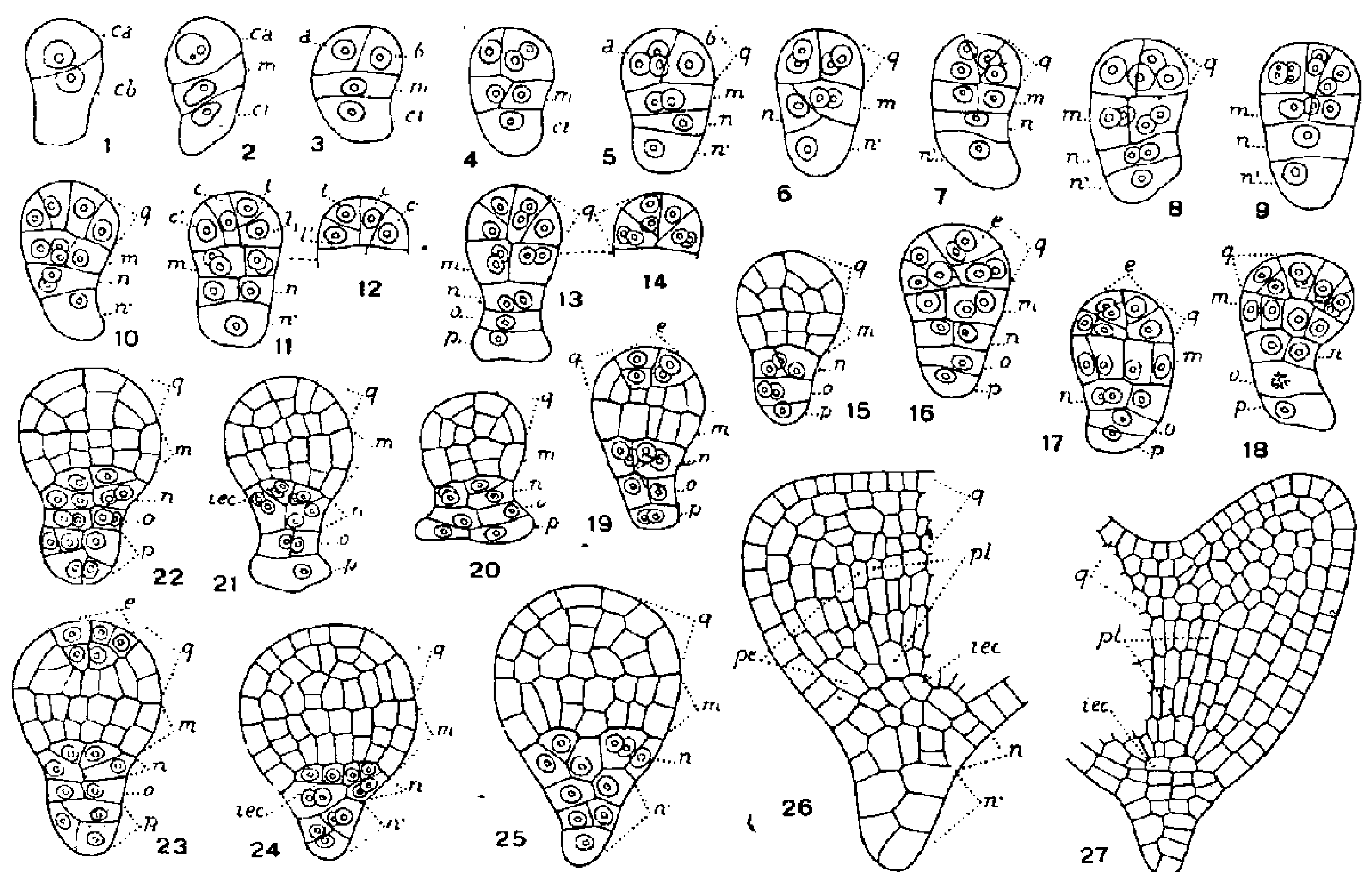


Fig. 1 à 27. — *Polygala vulgaris* L. — Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *a* et *b*, cellules-filles de la cellule apicale; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou partie hypocotylée; *ci*, cellule inférieure de la tétrade; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou hypophyse; *n'*, cellule-fille inférieure de *ci* ou suspenseur proprement dit; *q*, quadrants ou partie cotylée *sensu lato*; *l*, *l'*, *c*, *c'*, cellules-filles des quadrants; *e*, épiphyse; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pe*, périblème; *pl*, plérome. Les figures 11 et 12 représentent les deux coupes voisines d'un même proembryon; il en est de même des figures 13 et 14. G. = 290; 150 pour la figure 27.

à l'un des deux éléments *l* (*fig.* 16). Quoi qu'il en soit de ces diverses dispositions, vues en coupes longitudinales, on peut dire qu'il se constitue généralement, chez le *Polygala vulgaris*, un groupe épiphysaire aux dépens des deux cellules *l*, filles de deux quadrants opposés, et sans aucun doute aussi aux dépens d'éléments produits, vers le sommet, par les cellules *c*, filles des deux autres quadrants. Tous les autres éléments, originaires des quadrants, concourent à la formation de la partie cotylée *sensu stricto*.

La partie hypocotylée tire origine de l'élément *m* de la tétrade; il donne d'abord 4 cellules circumaxiales (*fig.* 5, 7 à 14), qui se cloisonnent ensuite longitudinalement et transversalement comme le montrent les figures 17 à 26. L'élément *n* du proembryon octocellulaire (*fig*, 5, 7) engendre une hypophyse véritable; il donne également 4 cellules circumaxiales (*fig.* 8 à 18) qui se divisent comme chez le *Myosurus mini-*

mus ([3]) ou le *Ceanothus azureus* ([4]), par des parois horizontales ou obliques, s'insérant sur les parois latérales du dermatogène et sur les cloisons méridiennes, pour donner les initiales de l'écorce de la racine et celles du primordium de la coiffe (*fig.* 21 à 25). Enfin, l'élément *n'* (*fig.* 5, 7), après avoir produit deux cellules superposées, *o* et *p*, donne naissance, par divisions diversement orientées, à un court suspenseur.

Il se dégage, somme toute, de ces observations que, chez le *Polygala* comme chez les Rhamnacées et les Potentillées, la partie cotylée *sensu lato* tire origine de la cellule apicale ou des quadrants, et la partie hypocotylée de la cellule intermédiaire de la tétrade; qu'il se constitue une hypophyse véritable à la base du corps embryonnaire et un groupe épiphysaire au sommet. Comme chez les Rhamnacées, la cellule *n*, fille supérieure de la cellule inférieure de la tétrade, joue le rôle de cellule hypophysaire. Il ne se différencie pas de cellule épiphysaire primordiale, le tissu épiphysaire étant produit partie par des cellules-filles des quadrants, partie par des éléments de génération plus jeune. Par cette dernière particularité, le *Polygala vulgaris* représenterait un terme de passage entre le 1er et le 2e groupe embryogénique de la classification périodique.

La séance est levée à 16^{h}.

A. Lx.

([3]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 53, 1911, p. 686; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 58, 1911, p. 542; 59, 1912, p. 23.

([4]) R. Souèges, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1673.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 OCTOBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **Émile Borel** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage qu'il vient de publier : *Le Jeu, la Chance et les Théories scientifiques modernes* (Collection *L'Avenir de la Science*). Dans ce petit livre, destiné au grand public cultivé, il s'est efforcé de mettre en évidence, pour tous les lecteurs s'intéressant aux progrès de la Science, les relations étroites entre les réflexions élémentaires sur les probabilités inspirées par les jeux de hasard et certaines théories scientifiques parmi les plus modernes et les plus actuelles. Comme exemples de ces théories, on a choisi, en physique, la théorie des quanta et la mécanique ondulatoire; en biologie, la théorie de l'hérédité; en mathématiques, la théorie des nombres premiers.

PLIS CACHETÉS.

M. **Xavier Séjourné** demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 31 mars 1941 et enregistré sous le n° 11742.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient un Manuscrit intitulé *Étude d'un nouveau Système cosmogonique, ou « Du rôle probable joué par le magnétisme en conjugaison avec les forces centrifuge et de gravitation dans les principaux phénomènes cosmiques »*.

(Renvoi à la Section d'Astronomie.)

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° J. Rouch. *Météorologie et Physique du Globe*. Tome I. *Météorologie nautique*. Tome II. *Physique des mers*.

2° Gustave Rappin. *Recherches et expériences sur la préparation d'un vaccin contre le cancer*.

3° Marcel Véron. *Traité de Chauffage*. Tome I. *Chaleur et température. Chimie de la combustion* (présenté par M. Léon Guillet).

4° M. Véron et A. Missenard. *Recherches des évolutions réelles de l'air et de l'eau dans les laveurs* (présenté par M. Léon Guillet).

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur la mesure des débits de rivière au moyen d'échelles limnimétriques*. Note [1] de M. **André Fortier**, présentée par M. Henri Villat.

La mesure des débits au moyen d'échelles limnimétriques est basée sur l'hypothèse qu'à une cote lue à l'échelle correspond un seul débit. Dans ces conditions, un étalonnage de l'échelle ayant été effectué une fois pour toutes, on peut connaître le débit à un instant donné par une simple lecture à l'échelle. La relation entre la cote de la surface et le débit Q est généralement mise sous la forme

$$Q = M(Z + C)^{\frac{3}{2}}, \tag{1}$$

M et C étant deux constantes pour une station donnée.

Dans le cas du mouvement permanent et uniforme dans une rivière prismatique de pente constante, il n'y a pas de difficulté. La vitesse moyenne $U = Q/\sigma$ (σ désignant la surface d'une section transversale de la rivière) peut toujours être mise sous la forme $U = C\sqrt{Ri}$, en désignant par R le rayon hydraulique et par i la pente du lit. Pour un lit de forme déterminée R est fonction uniquement de la cote de la surface,

---

[1] Séance du 22 septembre 1941.

C est fonction de R et de U. La formule de Chezy constitue une équation en U qui détermine U en fonction de la cote de la surface libre. Le débit $Q = U\sigma$ ne peut donc dépendre que de cette cote.

Mais, pour que le mouvement soit uniforme au voisinage de la station limnimétrique, il faut que le lit de la rivière conserve une section et une pente bien constantes sur une grande longueur à l'amont et à l'aval de la station. Or il est rare qu'il en soit ainsi pour une rivière naturelle; il est donc plus correct d'admettre que le mouvement n'est pas uniforme.

Mouvement permanent graduellement varié. — Désignons par s l'abscisse d'une section comptée suivant la ligne du thalweg et par I la pente de la surface, les équations du mouvement en question sont

$$gI = gb'\frac{\chi}{\sigma}U^2 + \alpha U\frac{dU}{ds},$$

$$U\frac{d\sigma}{ds} + \sigma\frac{dU}{ds} = 0;$$

χ est la longueur du périmètre mouillé et α un coefficient numérique voisin de l'unité, qui dépend de la répartition des vitesses dans la section transversale. $b' = 1/c^2$ dépend de la rugosité des parois, du rayon hydraulique $R = \sigma/\chi$ et dans certains cas de U.

Soit Z la cote de la surface libre, dans une section d'abscisse s, au-dessus d'un plan horizontal de référence. La pente de la surface est $I = -dZ/ds$.

Lorsque le lit de la rivière a une forme bien définie, σ est une fonction de s et de Z; il en est de même de χ et du rayon hydraulique. U et Z, fonctions de s seulement en régime permanent, sont alors solutions du système

$$-g\frac{dZ}{ds} = gb'\frac{\chi}{\sigma}U^2 + \alpha U\frac{dU}{ds},$$

$$U\left(\frac{\partial\sigma}{\partial s} + \frac{\partial\sigma}{\partial Z}\frac{dZ}{ds}\right) + \sigma\frac{dU}{ds} = 0.$$

Ces équations différentielles et les conditions aux limites déterminent le problème. Si donc la forme du lit reste invariable à l'amont et à l'aval de la station, U et Z sont des fonctions connues de s et par conséquent U n'est fonction que de Z dans une section d'abscisse déterminée. D'autre part s dans cette section ne dépend que de Z, le débit Q est donc seulement fonction de la cote de la surface libre dans une section donnée.

En pratique on choisit (ou l'on devrait choisir) la station limnimétrique dans une partie bien stabilisée du lit de la rivière; on peut d'ailleurs s'assurer que la forme du lit ne se modifie pas avec le temps au voisinage

de la station. Mais on ne peut pas affirmer que ce lit reste parfaitement identique à lui-même très loin à l'aval et à l'amont de l'échelle limnimétrique. Par conséquent les conditions aux limites ne sont pas parfaitement définies. Sans doute, les mesures de débit étant peu précises, et les modifications du lit en général peu importantes, on peut bien, en première approximation, admettre que la fonction $Q = f(Z)$ ne varie pas. Mais on peut, à peu de frais, améliorer le procédé en utilisant deux échelles limnimétriques au lieu d'une. En effet la lecture simultanée des cotes de la surface libre sur deux échelles placées à une distance connue l'une de l'autre donne à la fois Z et dZ/ds; on peut alors en déduire U. L'élimination de dU/ds entre les deux équations différentielles du mouvement donne en effet

$$-g\frac{dZ}{ds} = gb'\frac{\chi}{\sigma}U^2 - \frac{\alpha U^2}{\sigma}\left(\frac{\partial\sigma}{\partial s} + \frac{\partial\sigma}{\partial Z}\frac{dZ}{ds}\right).$$

Dans cette équation les coefficients dépendent uniquement de Z dans une section donnée; par conséquent U n'est fonction que de Z et de dZ/ds.

La mesure de dZ/ds et de Z permet donc de connaître le débit (un étalonnage préalable ayant été effectué) sans faire intervenir les conditions aux limites. Les petites modifications du lit dans la partie comprise entre les deux échelles altèrent peu les coefficients de l'équation précédente, tandis que des modifications analogues, s'étendant sur une très grande longueur à l'amont et à l'aval de la station, peuvent changer fortement les conditions aux limites et par conséquent altérer profondément les coefficients de l'équation (1) ou de toute autre analogue, employée pour le repérage des débits au moyen d'une seule échelle. Par l'emploi de deux échelles on évite d'avoir à connaître ce qui se passe à l'amont et à l'aval de la station, on peut manœuvrer des vannes ou des barrages mobiles sur le cours de la rivière, modifier profondément le lit, sans changer l'étalonnage de la station, pourvu évidemment que le lit reste bien défini au voisinage même des deux échelles.

Mouvement non permanent. — L'utilisation des stations limnimétriques à deux échelles doit permettre de plus la mesure des débits en régime non permanent. Les équations du mouvement non permanent peuvent s'écrire

$$-g\frac{\partial Z}{\partial s} = g\frac{b'\chi}{\sigma}U^2 + \alpha U\frac{\partial U}{\partial s} + \beta\frac{\partial U}{\partial t},$$

$$\frac{\partial\sigma}{\partial Z}\frac{\partial Z}{\partial t} + U\frac{\partial\sigma}{\partial s} + \frac{\partial\sigma}{\partial Z}\frac{\partial Z}{\partial s} + \sigma\frac{\partial U}{\partial s} = 0.$$

Ces deux équations, dérivées par rapport à s et t, donnent un système de six équations aux dérivées partielles entre lesquelles on peut éliminer les dérivées de U; on obtient finalement une relation entre u, Z et les dérivées de Z par rapport à s et t.

Si le lit a une forme définie dans la partie considérée, σ, X, b' et même peut-être α et β sont des fonctions de Z et de s définies, ainsi que leurs dérivées. U et par conséquent Q sont donc déterminées si l'on connaît Z et les cinq dérivées $\partial Z/\partial s$, $\partial Z/\partial t$, $\partial^2 Z/\partial s^2$, $\partial^2 Z/\partial t^2$, $\partial^2 Z/\partial s\,\partial t$.

A un instant donné le débit dans une section donnée est donc une fonction de Z et des 5 dérivées de Z par rapport à s et t. En toute rigueur, il faudrait donc trois échelles limnimétriques pour déterminer au même instant Z et les valeurs de ses 5 dérivées. Mais en réalité il s'agit toujours de mouvements lentement variables avec le temps et on peut admettre pratiquement, que $\partial^2 Z/\partial s^2$ est nul.

Dans ces conditions deux échelles suffisent pour déterminer $\partial Z/\partial s$, $\partial Z/\partial t$, $\partial^2 Z/\partial t^2$ et $\partial^2 Z/\partial s\partial t$ (il est même probable qu'en première approximation il suffira de faire intervenir $\partial Z/\partial s$ et $\partial Z/\partial t$).

Ainsi une station limnimétrique à deux échelles doit permettre d'évaluer le débit à un instant donné par la mesure de Z, $\partial Z/\partial s$ et $\partial Z/\partial t$.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur un procédé de mesure des très hautes tensions.* Note [1] de M. **Oleg Yadoff**, présentée par M. Camille Gutton.

I. La mesure des différences de potentiel élevées, de l'ordre de plusieurs millions de volts, ne peut encore être effectuée par une méthode donnant toute satisfaction. Les différents procédés qui ont été utilisés, tels que l'emploi de voltmètres électrostatiques, d'éclateurs, de dispositifs à soulèvements des pastilles-rondelles etc., manquent de précision et de régularité; pour les différences de potentiel de plus en plus élevées, aujourd'hui obtenues, les appareils de mesure en usage ont, d'autre part, de nombreux et graves inconvénients.

Pour remédier à cet état de choses, MM. P. Kirpatrick et I. Miyake [2] ont proposé un voltmètre tournant s'électrisant à distance par influence des conducteurs dont on mesure la différence de potentiel. La partie

---

[1] Séance du 29 septembre 1941.

[2] P. Kirpatrick et I. Miyake, *Review of Scientific Instruments*, 3, 1932, p. 1; P. Kirpatrick, *Ibid.*, 3, 1932, p. 430; 5, 1934, p. 33.

mobile de ce voltmètre est un cylindre de laiton divisé en deux parties isolées l'une de l'autre et qui, lors du mouvement de rotation, sont, par deux balais, mis alternativement à la terre soit directement, soit par un galvanomètre; les charges circulent toujours dans le même sens dans le galvanomètre. Ce voltmètre rotatif est entraîné par un petit moteur; l'usage d'un moteur asynchrone permet de l'appliquer à la mesure des tensions alternatives.

Malgré sa supériorité incontestable sur les autres dispositifs, cet appareil présente cependant quelques inconvénients : le flux de fuites magnétiques du moteur d'entraînement, accolé au voltmètre en bout d'arbre, produit dans le circuit galvanométrique des forces électromotrices d'induction électromagnétique et des courants qui faussent les indications du galvanomètre. Pour faire des relevés oscillographiques, il faut déplacer le stator du moteur d'entraînement, afin de faire varier la phase de la mise en circuit du galvanomètre; le moteur étant dans le champ à haute tension, c'est une opération délicate et dangereuse. Les deux extrémités du cylindre tournant ont des arêtes, elles provoquent des aigrettes qui modifient la répartition et la grandeur des charges de la partie mobile du voltmètre.

II. Tout en conservant le principe de ce voltmètre tournant, nous avons construit un appareil qui évite ces inconvénients.

La partie tournante est constituée par deux demi-sphères mécaniquement solidaires, mais qui, comme dans l'appareil précédent, sont électriquement isolées l'une de l'autre. Le petit moteur d'entraînement est placé à l'intérieur de la sphère, ce qui permet, grâce à la symétrie du système, d'éliminer l'action fâcheuse du flux de fuites magnétiques de ce moteur.

Le moteur, étant enfermé dans la sphère, se trouve ainsi à l'abri de l'action directe des champs électriques; on peut alors faire varier la position du stator par l'emploi d'une commande à distance et éviter les dangers d'une telle manœuvre. Le relevé par points d'un oscillogramme est donc facile à réaliser. D'autre part l'absence d'arêtes, grâce à la configuration sphérique de la surface conductrice du voltmètre, élimine également la formation des aigrettes.

Le voltmètre rotatif ainsi conçu peut mesurer aussi bien les champs électrostatiques que les champs alternatifs. Le mode opératoire est excessivement simple, ce qui autorise à envisager l'emploi de ces appareils dans les différentes études expérimentales des régimes de fonctionnement des

grands réseaux électriques à haute tension, notamment, étude de l'existence des harmoniques supérieurs, déformation de la courbe de tension due à une mise accidentelle à la terre, relevé des tensions de crête etc.

Pour les mesures des tensions des lignes, il y a lieu d'annexer au voltmètre deux armatures qui seraient connectées, sans précautions spéciales, entre deux phases. Muni de telles armatures, le voltmètre peut être avantageusement utilisé pour les mesures des rayons X.

Dans le cas d'un générateur électrostatique, par exemple du type Van de Graaf [3], ce voltmètre sphérique peut être utilisé aussi bien pour mesurer les tensions d'un générateur unipolaire que les différences de potentiel d'un générateur bipolaire.

L'expérience montre que la caractéristique du courant débité par le voltmètre en fonction de la tension à mesurer, pour une vitesse de rotation constante, est, à haut degré de précision, une droite. Grâce à cette propriété, l'étalonnage du voltmètre devient très facile : il suffit de relever aux basses tensions deux points quelconques pour tracer ensuite la droite de fonctionnement tout entière. Les mesures aux basses tensions, faites à l'abri de toute cause d'erreur, permettent en conséquence de réaliser un bon étalonnage. Par exemple, à la tension de 250 V, on obtient 10^{-7} A, ce qui correspond à 50 μA pour 10^5 V.

GÉOLOGIE. — *Sur les relations des granites, aplites, microgranites et rhyolites de l'extrémité Est du massif de Guéret et sur le problème de leur genèse.* Note de M. **André Demay.**

J'ai signalé [1] que l'extrémité Est du massif de Guéret est constituée par un granite alcalin, qui représente soit « une variation contemporaine du type normal calco-alcalin (il y a en fait apparence de passage), soit une forme de bordure légèrement postérieure ». Entre le granite alcalin, des microgranites et des rhyolites de couleur gris clair, il y a aussi sur plusieurs points apparence de passage. Pourtant j'ai indiqué dès 1938 qu'il s'agit d'un *ensemble complexe de parties qui tantôt passent l'une à l'autre, tantôt semblent se traverser.* Il est utile de préciser ces relations.

A sa bordure le granite alcalin présente presque partout une variation,

---

(3) O. Yadoff, *Revue générale de l'Électricité*, 48, 1938, pp. 547-554.

(1) *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1905.

dans le sens d'un microgranite (réduction du grain, existence de quartz bipyramidé et parfois de quelques parties microgranulitiques). Il y a passage apparent, sans séparation possible sur le terrain, de ce granite aplitique à des aplites, dont la structure microscopique est parfois proche de celle d'un microgranite (parties microgranulitiques et même pétro-siliceuses).

Près du contact avec les rhyolites noires dinantiennes, cet ensemble est traversé en plusieurs points (chemin de Méritis à Montmartin, route d'Ayat etc.) par des microgranites à phénocristaux petits et nombreux, de composition chimique identique et d'aspect macroscopique voisin. Sur le premier point, il s'agit de petits dykes, sur le second, de deux sills, inclinés d'environ 45°, qui tapissent le flanc nord du vallon où serpente la route d'Ayat. Tout à côté, un autre lambeau minuscule, formé en partie de microgranite et surtout de rhyolite gris clair, s'enfonce sous l'aplite et le granite alcalins, ressemblant à une enclave, mais probablement lié en profondeur à un des sills précédents. L'observation minutieuse d'un contact et l'examen d'échantillons mixtes avec filonnets bifurqués montrent qu'il s'agit bien d'une pénétration dans le granite et l'aplite. Dans ces sills, et surtout à leur bordure, il y a *passage du microgranite à la rhyolite grise*, sans aucune possibilité de séparation.

Une roche très cristalline, riche en biotite, qui présente, avec des restes de pâte, des nids granitiques formés *in situ* et aussi des enclaves de rhyolite noire et plus rarement de granite, m'a paru longtemps énigmatique. Cette roche semble bien être en fait un microgranite. Il constitue, entre Ayat et la Sioule, un sill peu incliné, peut-être un petit laccolite, qui est encarté dans les rhyolites noires dinantiennes et résulte en partie d'une refusion partielle de celle-ci. Ces microgranites, dont la composition chimique est intermédiaire entre celle des microgranites alcalins et des rhyolites noires granodioritiques, sont presque partout logés près de la limite du granite et des rhyolites noires.

J'avais signalé en 1938 (*loc. cit.*, p. 1906) l'existence sur plusieurs points de *tourmaline et de biotite néogène dans des rhyolites* près de leur contact avec les deux variétés de granite. J'indiquai alors que cela pouvait traduire un métamorphisme par le granite, en faisant pourtant des réserves et signalant la possibilité d'une autre interprétation. D'après mes observations de 1939 et 1941, il semble que les rhyolites sont en totalité postérieures au granite. La tourmaline et la biotite néogène doivent donc être attribuées soit à une autopneumatolyse (deuxième interprétation de 1938), soit plutôt

à une refusion partielle des rhyolites noires par une venue microgranitique, phénomène déjà évoqué ci-dessus.

En résumé, il y a eu d'abord montée du granite calco-alcalin, avec formation en bordure d'un type alcalin et passage de celui-ci à un granite aplitique à tendance microgranitique et à des aplites déjà proches d'un microgranite. Les rhyolites noires sont montées au cours d'une deuxième phase, traversant cet ensemble légèrement érodé, formant au-dessus de lui des dômes ou de petites coulées. Les filons et sills de microgranite alcalin et de rhyolite gris clair correspondent à une troisième phase. La refusion partielle des rhyolites noires donne alors naissance aux microgranites très particuliers décrits plus haut. Enfin les microgranites calco-alcalins à grands phénocristaux du troisième groupe (loc. cit.) résultent soit de la phase III, soit plutôt d'une quatrième phase distincte.

Les microgranites alcalins, de composition chimique identique à celle du granite alcalin (jusqu'aux teneurs en titane et en phosphore), les microgranites calco-alcalins, aussi proches chimiquement de l'autre variété de granite que les différentes parties d'un même massif, sont de manière presque certaine liés à la montée du granite. La montée des rhyolites noires dinantiennes se plaçant entre la mise en place du granite et celle de son cortège de microgranites, *le granite lui-même est presque certainement d'âge dinantien.*

Quant à la genèse de ces roches, pour les *microgranites* et *rhyolites*, la plupart des phénocristaux ont pris naissance dans un magma vraiment fondu. Puis, après consolidation, il y a eu évolution progressive *par dévitrification* vers des types pétrosiliceux, micropegmatiques, microgranulitiques et même, dans certains nids de cristallisation, granitiques. Pour les *granites* et *aplites*, presque tous les cristaux visibles se sont formés à température assez basse dans un milieu solide. Mais l'observation de quelques phénocristaux, en particulier de quartz bipyramidé, et de quelques parties microgranulitiques, démontre une évolution analogue, qui a abouti à un stade de recristallisation bien plus avancé. Si l'on tient compte en outre de l'identité de composition chimique du granite et de roches vraiment fondues, immédiatement voisines, microgranite et rhyolite, il semble bien *qu'ici le granite résulte de la consolidation d'un magma fondu*, puis *d'une dévitrification et de cristallisations successives à température assez basse*, suivant l'hypothèse que j'ai formulée en 1925 à propos des porphyres pétrosiliceux de Huelva et précisée en 1937 pour les granites de Chateauneuf.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *L'évolution du complexe pecto-cellulosique dans les fruits conservés par le froid.* Note de M. **Robert Échevin**, présentée par M. Marin Molliard.

Les expériences ont porté sur une variété de Poire d'hiver, la Passe-Crassane, que les producteurs conservent couramment pendant 4 ou 5 mois en chambre frigorifique. Immédiatement après la cueillette, au début de novembre, les poires ont été pesées une à une, groupées en lots présentant le même poids et le même nombre de fruits, placées les unes dans un fruitier à la température ordinaire du laboratoire, les autres dans une chambre froide spécialement aménagée pour la conservation des fruits, dont la température a été constamment maintenue au voisinage de $+1°$. Tous les quinze jours environ deux lots de 8 poires ont été simultanément prélevés, l'un au laboratoire, l'autre dans le frigidaire; ils ont été traités en vue de déterminer la teneur des fruits en eau, matière sèche, cellulose, en pectines solubles et en propectines.

Les dosages ont été effectués sur un échantillon moyen constitué par huit fragments de fruit, extraits successivement sur la 1re, la 2e, ..., la 8e poire du même lot; l'échantillon destiné au dosage des substances pectiques est immédiatement fixé dans l'alcool fort; la partie solide pulvérisée, débarrassée des sucres, épuisée par l'éther, est agitée pendant plusieurs heures dans un grand volume d'eau distillée à 15-18° pour dissoudre les pectines solubles; l'agitation est renouvelée jusqu'à ce que le liquide d'extraction ne fournisse plus les réactions des acides uroniques; les pectines solubles, précipitées par l'alcool, ont été purifiées, desséchées et pesées. Sous le terme de propectines nous comprenons ici l'ensemble des substances pectiques qui n'ont pas été dissoutes dans l'eau au cours du traitement qui précède; elles ont été extraites de la poudre résiduelle par l'eau à 130°. La somme des pectines solubles et des propectines fournit l'ensemble des matières pectiques contenues dans chaque lot. La cellulose a été dosée par la méthode de G. Bertrand; la poudre de fruits, épuisée par les solvants neutres, traitée à chaud par la soude pour éliminer les protéines et les matières minérales, est finalement débarrassée de la lignine par formation d'un complexe ligno-bromé soluble dans l'ammoniaque.

Les fruits conservés à la température ordinaire (tableau I) perdent

12 % d'eau en deux mois; dans le même temps la matière sèche diminue de 20 % ; les pectines solubles augmentent régulièrement, aux dépens des

TABLEAU I. — *Fruits conservés à la température ordinaire.*

	Matière fraîche.	Matière sèche.	Eau.	Pectines solubles.	Propectines.	Pectines totales.	Cellulose.
	g	g	g	g	g	g	g
Lot initial du 3 nov. (¹)...	1675	237,6	1437,4	0,7	14,6	15,3	24
» prélevé le 20 »	1600,4	227,2	1373,2	4,6	9	13,6	24,4
» » 4 déc.......	1562,8	206,3	1356,5	10,2	4,3	14,5	25
» » 22 »	1507,3	191,4	1315,9	9,5	4,7	14,2	19
» » 8 janv......	1476,8	194,9	1281,9	10,3	2,8	13,1	21

propectines, depuis le début de l'expérience jusqu'à la maturation, dont les premiers signes ont été observés le 22 décembre.

En cinq mois de séjour en chambre froide (tableau II) les fruits perdent moins d'eau qu'en deux mois à la température ordinaire; quant à la diminution de la matière sèche, elle n'atteint pas 4 %, alors qu'elle s'élève

TABLEAU II. — *Fruits conservés dans la chambre froide.*

	Matière fraîche.	Matière sèche.	Eau.	Pectines solubles.	Propectines.	Pectines totales.	Cellulose.
	g	g	g	g	g	g	g
Lot initial du 3 nov. (¹)...	1675	237,6	1437,4	0,7	14,6	15,3	24
» prélevé le 20 »	1674,6	237,2	1437,4	3,8	11	14,8	25,2
» » 4 déc.......	1616,9	242,5	1374,4	2,2	12	14,2	23,4
» » 22 »	1577	244,4	1332,6	2,3	10	12,3	19
» » 8 jan.......	1581	224,5	1356,5	6,5	10,5	17	22
» » 20 »	1577	241,3	1335,7	5,6	10,3	15,8	23
» » 19 fév.......	1566	231,8	1334,2	8,3	6,3	15,6	20,7
» » 8 mars.....	1534	245,4	1288,6	8,4	8,1	16,5	26,9
» » 21 »	1524	231,7	1292,3	7,2	5,3	12,5	17

à 20 % dans l'expérience précédente. L'hydrolyse des propectines en pectines solubles, qui s'effectue d'une manière continue à la température ordinaire, est tout d'abord presque complètement arrêtée par l'action du froid; elle reprend sa marche, très activement, au commencement de février, époque qui coïncide avec l'apparition sur les fruits des premières taches jaunes marquant le début du processus de maturation. On observe dans les deux expériences une diminution de la teneur des fruits en cellulose au moment de la maturation.

(¹) Tous les lots sont constitués par 8 poires de poids identique (1675 g) au moment de la mise en route de l'expérience le 3 novembre.

On sait que les échanges respiratoires sont fortement réduits dans les organes végétaux soumis aux basses températures compatibles avec la vie; c'est la conséquence directe de l'atténuation du métabolisme, de la diminution de l'activité cellulaire dues à l'activité du froid. Si l'on en juge par les pertes en matière sèche, l'activité cellulaire est cinq fois plus faible dans les fruits conservés en chambre froide que dans les autres. On remarquera que l'hydrolyse enzymatique des propectines en pectines solubles échappe entièrement à cette restriction; elle est aussi complète en chambre froide qu'à la température ordinaire; la seule différence est un décalage dans le temps.

L'évolution des pectines dans les fruits soumis à ces deux expériences marque très nettement l'indépendance qui existe entre l'activité vitale proprement dite de la cellule et le fonctionnement des diastases.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Origine intrinsèque des facteurs de la symétrie bilatérale dans les régénérats de tête chez les Lombrics.* Note [1] de M. **Marcel Avel**, présentée par M. Maurice Caullery.

Chez les Lombrics, les régénérats céphaliques normaux, développés après simple décapitation, se raccordent harmonieusement aux parties anciennes. Leur plan de symétrie prolonge celui du corps. L'hypothèse la plus simple pour expliquer cette concordance est celle d'une détermination de chaque point du régénérat par le point correspondant des parties anciennes. Mais une telle explication, je l'ai montré [2], est écartée par l'expérience.

En effet, une opération chirurgicale convenable, suivie, après guérison, de la décapitation, m'a permis d'étudier la reconstitution de la tête sur une surface d'amputation anormale, dans laquelle la paroi du corps avait subi une rotation de 180° par rapport aux organes internes (chaîne nerveuse et tube digestif). Sur une telle base s'édifie néanmoins un régénérat normal, c'est-à-dire dont la paroi et les organes internes affectent entre eux les rapports normaux. En outre, l'axe dorso-ventral, normal et unique, de ce régénérat occupe souvent une position différente de l'axe de n'importe quel élément de la base. Ainsi se trouve exclue la possibilité d'une détermination point par point.

---

(1) Séance du 29 septembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 255.

L'indépendance inattendue entre la morphologie du régénérat et celle des parties anciennes conduit à se demander si le développement d'une symétrie bilatérale dans le régénérat lui est imposé par une symétrie de même nature dans les parties anciennes, ou bien s'il est autonome. L'expérience précédente laisse soupçonner plutôt l'autonomie, mais elle n'en apporte pas la preuve. Elle consiste, en effet, en un simple déplacement mutuel des plans de symétrie des divers constituants des parties anciennes, mais chacun de ces éléments a conservé sa symétrie bilatérale propre. On pourrait donc concevoir qu'il s'ensuivît, par une certaine composition de forces, une résultante physiologique douée elle-même d'un plan de symétrie, qui deviendrait alors celui du régénérat.

Il est donc nécessaire d'imaginer un artifice qui permette à un régénérat céphalique de se développer à partir d'une base certainement dépourvue de symétrie bilatérale.

J'ai exécuté sur *Eisenia sp.* plusieurs types d'expériences réalisant cette condition et dont les résultats concordent. Rapportons la plus démonstrative.

Toute la moitié gauche de la paroi du corps est enlevée sur une longueur de 8 segments (du 5ᵉ au 12ᵉ), et remplacée par une moitié droite correspondante, prélevée sur un autre ver de même taille. Dans cette région, la paroi du corps est désormais composée de deux moitiés droites et, par conséquent, ne possède plus de symétrie bilatérale. Après guérison, les opérés ont été décapités à ce niveau (au 7ᵉ segment). La surface d'amputation est donc composée d'un tégument dépourvu de symétrie bilatérale et renfermant la chaîne nerveuse et le tube digestif, doués, eux, de bilatéralité. Sur une base ainsi constituée s'est développé, dans tous les cas, un régénérat de belle taille, parfaitement normal, présentant en particulier la symétrie bilatérale la plus nette dans tous ses constituants, et dont le plan de symétrie fait un angle important, de 30 à 80°, avec le plan de symétrie des organes internes de la base (ces derniers possédant seuls, parmi les parties anciennes, un plan de symétrie).

Le rôle morphogène de la chaîne nerveuse ancienne étant, je l'ai établi ([3]), borné au plus à des détails, le tube digestif reste seul en cause. Mais j'ai démontré ([4]) que l'ensemble des organes ecto-mésodermiques (paroi du corps et chaîne nerveuse) se régénérait avec sa symétrie nor-

---

([3]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 447.
([4]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 409.

male en l'absence du tube digestif. Par conséquent, à la réserve provisoire de leur tube digestif, les régénérats, dans l'expérience précédente, n'ont certainement pas tiré des parties anciennes les éléments de leur symétrie bilatérale.

Dans les régénérats obtenus sur les bases les plus variées, dans les expériences les plus diverses et non seulement dans celle qui vient d'être discutée, le plan de symétrie du tube digestif fait souvent un angle avec le plan de symétrie du tube digestif ancien; il coïncide au contraire toujours avec celui des organes ecto-mésodermiques du régénérat et doit donc être déterminé par lui.

En résumé, la symétrie bilatérale des régénérats de tête, chez les Lombrics, est indépendante d'une symétrie bilatérale des parties anciennes; elle est déterminée par des facteurs intrinsèques, localisés dans les constituants ecto-mésodermiques (et non endodermiques) du blastème; elle apparaît ainsi comme un caractère immuable des régénérats céphaliques.

Cette notion est en harmonie avec les résultats généraux de l'embryologie descriptive et expérimentale. Une symétrie bilatérale, chez les êtres qui en sont doués, est l'une des premières réalisations de l'œuf fécondé. Une fois apparue, il est exceptionnel qu'au cours du développement normal elle s'efface et se modifie. On ne connaît pas de propriété plus résistante aux interventions expérimentales, qui peuvent changer l'orientation dans l'espace des parties symétriques ou en provoquer la répétition (formations multiples), mais sans altérer la nature de la symétrie.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Il est possible de cultiver et de conserver par passages sur poumon de Lapin une souche de typhus épidémique européen.* Note de MM. **Paul Giroud** et **René Panthier**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le milieu servant à la récolte des rickettsies du typhus épidémique européen (typhus historique) était jusqu'ici pour nous le poumon de Lapin, tandis que le poumon de Souris servait de milieu d'entretien des souches [1]. Cette méthode n'était pas sans inconvénient. En effet un poumon entier de Souris est la dose minima nécessaire pour provoquer l'hépatisation pulmonaire du Lapin. De plus, il faut toujours partir de

[1] Paul Durand et Paul Giroud, *Ann. Institut Pasteur,* 66, 1941, p. 425.

souches très riches en rickettsies et celles-ci nécessitent une conservation par passages ininterrompus sur Souris ou une réadaption complète de la souche si l'on part d'un produit sec. Cette souche était alors adaptée à la Souris et non au Lapin et le résultat de la culture sur ce dernier animal infiniment moins bon que si la souche lui avait été adaptée. Le premier passage donnait toujours de bons résultats, mais, au cours des passages successifs, nous constations que la maladie du Lapin allait en régressant. Les rickettsies bacilliformes disparaissaient à peu près complètement au deuxième passage et les poumons ne renfermaient plus que des corps homogènes ([2]), véritables petites billes de 1 à 2$^{\mu}$, intracellulaires, colorées en rouge rubis avec la technique de Macchiavello. Nous avons déjà écrit que nous considérons ces éléments comme appartenant à une phase d'agglutination des rickettsies, phase qui s'accompagne de condensation et de coagulation due aux ferments cellulaires ou aux anticorps locaux; (rappelons à ce propos que nous avons antérieurement décelé les anticorps tissulaires pour les rickettsies) ([3]).

Pour adapter la souche au Lapin, nous avons utilisé l'action combinée de divers facteurs destinés à diminuer la résistance de cet animal à l'infection ([1]) et plus particulièrement l'injection péritonéale répétée d'antigène toxique, suspension chauffée de bacille paratyphique B par exemple. Il est en effet nécessaire de vaincre la résistance spontanée ou acquise des animaux, pour obtenir des maladies graves.

Sur les lapins ainsi préparés, les passages se font sans difficulté.

Passage de lapin à lapin. — On sait que pour le premier passage sur lapin, le rendement optimum en rickettsies est obtenu en sacrifiant l'animal le cinquième ou le sixième jour. Au cours des passages continus de lapin à lapin, on voit diminuer la durée de l'affection pulmonaire, la maladie se terminant par la mort en deux à trois jours. Il faut éviter une évolution trop rapide, car, dans ce cas, les poumons ne pèsent plus que de 12^{g} à 15^{g}, au lieu de 40 ou 50. Pour laisser aux rickettsies le temps de pulluler en masse, il est nécessaire de diminuer les doses de virus inoculées et de suspendre l'injection de produit toxique. Il est nécessaire aussi de sacrifier ces animaux afin de supprimer la phase agonique qui permet aux bactéries banales de se développer. La quantité des rickettsies mises en évidence

---

([2]) PAUL GIROUD et RENÉ PANTHIER, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 45.
([3]) PAUL GIROUD, *C. R. Soc. Biol.*, 131, 1939, p. 1154.

dans un frottis de poumon est alors comparable à celle que l'on constate dans un poumon de Souris bien infecté.

Les corps homogènes signalés plus haut ont disparu; on ne voit que des rickettsies bacilliformes, mais aussi, et en grande quantité dans les cellules rondes du poumon et dans les polynucléaires, des corps bleu violet après la coloration de Macchiavello. Ces corps présentent les mêmes caractères morphologiques que les éléments que nous avons décrits dans le typhus murin de la souris (4), petits anneaux de $0^{\mu},5$, 1^{μ} avec ou sans chaton, simple ou double, petites raquettes, petits bâtonnets. Nous devons enfin signaler que les passages peuvent se faire facilement avec des organes conservés à — 25° C. pendant une dizaine de jours.

Pouvoir pathogène. — De tels organes, très riches en rickettsies rubis, même secs, peuvent infecter le poumon de Souris. Chez cet animal la symptomatologie de l'infection est la même que pour le passage de souris à souris. Les rickettsies sont aussi abondantes.

Le Cobaye, infecté avec ce produit, se comporte comme lors de l'inoculation du poumon de Souris. Il fait une maladie grave, sans incubation, avec souvent une importante réaction de Neill-Mooser au premier passage, comme pour un virus murin.

La maladie du Cobaye est souvent mortelle en huit ou neuf jours et s'accompagne d'un amaigrissement de 150 à 200^{g} pour des animaux de 500 à 600^{g}. L'autopsie montre d'importantes lésions; le cœur est dilaté, les poumons hépatisés, les organes abdominaux présentent un exsudat où l'on peut mettre en évidence des rickettsies.

En résumé, il est possible de conserver, par passages par voie respiratoire sur le Lapin et en culture massive, les rickettsies du typhus épidémique européen.

La séance est levée à $15^{h}10^{m}$.

A. Lx.

---

(4) PAUL GIROUD et RENÉ PANTHIER, *Bull Soc. Path. Exot.*, 32, 1939, p. 404.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 13 OCTOBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la dualité dans l'espace hilbertien et sur le domaine des valeurs des opérateurs bornés de 4ᵉ classe.* Note [1] de M. **GASTON JULIA**.

J'ai indiqué [2] le rôle du système de vecteurs Z_k, $(k=1, 2, \ldots, \infty)$, dualistique du système de vecteurs $A_i = Ae_i$, lorsque A est un opérateur borné de 1ʳᵉ, 2ᵉ ou 3ᵉ classe, dans l'espace hilbertien H, dont (e_i) est un système orthonormal complet. On va étudier le cas où A est de 4ᵉ classe.

Pour abréger, on supposera que A est du type a, le plus simple : *ni* A *ni* A^* *n'ont de zéro en dehors de l'origine*. Comme je l'ai montré [3], tout autre opérateur de 4ᵉ classe est le produit d'un opérateur du type a par un ou deux opérateurs canoniques, unitaires ou semi-unitaires, en sorte que le cas général se traite à partir du type a par des modifications convenables. Pour le type a, les domaines de valeurs Δ_A et Δ_{A^*} de A et A^* sont partout denses dans H, mais non fermés; les variétés fermées $[\Delta_A]$ et $[\Delta_{A^*}]$ sont identiques à H.

1. *Existence des* Z_k. — Les Z_k sont définis par $(A_i, Z_k) = \delta_{ik}$, ou par $A^*Z_k = e_k$. Donc Z_k n'existe que si Δ_{A^*} contient e_k. Or, Δ_{A^*} ne dépend pas du système (e_k). Pour l'existence des Z_k, il faut donc supposer (et cela

---

(1) Séance du 6 octobre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 297-300.

(3) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 5-8.

suffit) que le système (e_k) appartient à Δ_{A^*}. On sait qu'on peut toujours choisir les (e_k) pour qu'il en soit ainsi.

Mais, si les axes (e_i) sont donnés à priori, comment reconnaître que la condition est satisfaite?

Pour résoudre les équations $(A_i, Z_k) = \delta_{ik}$, $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$, définissant Z_k, on rapporte les A_i au système orthonormal complet (ε_i) d'Erhard Schmidt $A_i = \bar{\alpha}_{i1}\varepsilon_1 + \ldots + \bar{\alpha}_{ii}\varepsilon_i$, $(i = 1, 2, \ldots \infty)$; les α_{ii} sont $\neq 0$ car les A_i sont indépendants. En sorte que si $Z_k = \Sigma_p z_{pk}\varepsilon_p$ (¹), on aura $\alpha_{i1}z_{1k} + \alpha_{i2}z_{2k} + \ldots + \alpha_{ii}z_{ik} = \delta_{ik}$ $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$. Le système définissant les z_{pk}, $(p = 1, 2, \ldots, \infty)$, est récurrent, facile à résoudre. On notera que $z_{pk} = 0$ pour $p < k$, et $z_{kk} \neq 0$ car $\alpha_{kk}z_{kk} = 1$. La solution est unique et fournit un vecteur Z_k (nécessaire et suffisant) *si la série* $\Sigma_p |z_{pk}|^2$ *converge*. On reconnaît aussitôt que la matrice $\mathfrak{Z}$, dont la $k^{\text{ième}}$ colonne est formée des coordonnées précédentes de Z_k, est récurrente et inverse à droite de la matrice $\mathfrak{A}^* = \|\alpha_{ik}\|$ du système précédent, qui est aussi récurrente ($\alpha_{ik} = 0$ si $i < k$). On a $\mathfrak{A}^*\mathfrak{Z} = 1$. Par conséquent le système (Z_k) existe, unique, et il est fourni (dans le système ε_i) par les colonnes de la matrice $\mathfrak{Z}$, inverse à droite de $\mathfrak{A}^*$, *si et seulement si ces colonnes sont quarrables*, c'est-à-dire représentent des vecteurs de H. On a $Z_k = (\mathfrak{A}^*)^{-1}\varepsilon_k$. On remarquera que les *matrices réduites d'ordre p*, $\mathfrak{A}^*_p$ et $\mathfrak{Z}_p$, de $\mathfrak{A}^*$ et $\mathfrak{Z}$ sont elles-mêmes inverses : $\mathfrak{A}^*_p\mathfrak{Z}_p = 1$, $\mathfrak{Z}_p\mathfrak{A}^*_p = 1$, en sorte que les *vecteurs réduits* $\mathcal{E}_p Z_k$ $(k = 1, 2, \ldots, p)$ ne dépendent que des vecteurs $A_1, \ldots, A_p$, qui sont identiques à leurs réduits d'ordre p dans le système (ε_i). On a aussi la relation $\mathfrak{Z}\mathfrak{A}^* = 1$ entre matrices $\mathfrak{A}^*$ et $\mathfrak{Z}$. On démontrera aisément que les Z_k sont indépendants.

2. La matrice $\mathfrak{A}^*$ n'est autre que la matrice, dans le système (ε_i), de l'opérateur adjoint à l'opérateur $\mathfrak{A}$ de quatrième classe défini dans tout H par $A_i = \mathfrak{A}\varepsilon_i$. Le domaine $\Delta_{\mathfrak{A}^*}$ se caractérise aisément, dans le système (ε_i), en résolvant en X l'équation $\mathfrak{A}^*X = Y$, ou $y_i = \alpha_{i1}x_1 + \ldots + \alpha_{ii}x_i$ $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$. On en tire $x_i = z_{i1}y_1 + \ldots + z_{ii}y_i$ $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$, exprimant $X = \mathfrak{Z}Y$. X n'est un vecteur que si la série $\sum_i |z_{i1}y_1 + \ldots + z_{ii}y_i|^2$ converge. Or, considérant les vecteurs $\mathcal{B}_k = \bar{z}_{k1}\varepsilon_1 + \ldots + \bar{z}_{kk}\varepsilon_k$ $(k = 1, 2, \ldots, \infty)$, la série précédente s'écrit $\Sigma_k |(\mathcal{B}_k, Y)|^2$. Donc Y *appartient à* $\Delta_{\mathfrak{A}^*}$ *si, et seulement si*, $\Sigma |(\mathcal{B}_k, Y)|^2$ *converge. Ceci caractérise* $\Delta_{\mathfrak{A}^*}$.

(¹) Dans le cas général, cette recherche est celle de Z_k *dans la variété* $V = [A_1, A_2, \ldots]$; la solution, lorsqu'elle existe, est unique.

La relation des $\mathcal{B}_k$ avec les colonnes de $\mathcal{A}^*$ est claire. Elle résulte de $\mathfrak{Z}\mathcal{A}^* = 1$. Les $\mathcal{B}_k$ sont les dualistiques des vecteurs $\mathcal{A}^*\varepsilon_i$ fournis par les colonnes de $\mathcal{A}^*$, $(\mathcal{A}^*\varepsilon_i, \mathcal{B}_k) = \delta_{ik}$. On a $\mathcal{A}\mathcal{B}_k = \varepsilon_k$, ou $\mathcal{B}_k = \mathcal{A}^{-1}\varepsilon_k$.

Si l'on considère maintenant l'opérateur $\mathfrak{A} = \mathcal{A}^*$, défini dans le système (ε_i) par la matrice récurrente $\mathcal{A}^*$, le domaine $\Delta_{\mathfrak{A}} = \Delta_{\mathcal{A}^*}$ sera caractérisé par la convergence de la série $\Sigma|(\mathcal{B}_k, Y)|^2$ où les $\mathcal{B}_k$ sont les dualistiques des $\mathfrak{A}_i = \mathfrak{A}\varepsilon_i$. En résumé, *pour tout opérateur $\mathfrak{A}$ de quatrième classe, du type a, défini dans un système (ε_i) par une matrice récurrente $\mathfrak{A}$, les dualistiques $\mathcal{B}_k$ des $\mathfrak{A}_i = \mathfrak{A}\varepsilon_i$ existent toujours, ce sont les lignes (finies) de la matrice inverse de $\mathfrak{A}$, et le domaine $\Delta_{\mathfrak{A}}$ est caractérisé par la convergence de $\Sigma_k|(\mathcal{B}_k, Y)|^2$ ou de $\Sigma_k|[(\mathfrak{A}^*)^{-1}\varepsilon_k, Y]|^2$.*

3. Cette intéressante propriété de $\Delta_{\mathfrak{A}}$ peut-elle être étendue aux systèmes (e_i) par rapport auxquels la matrice d'un opérateur n'est pas récurrente?

Tout opérateur borné de 4e classe s'écrit $y_n = (A_n^*, X)$ $(n = 1, 2, \ldots, \infty)$, pour définir $Y = \Sigma y_n e_n = AX$ correspondant à $X = \Sigma x_n e_n$. Si l'on introduit le système orthonormal (ε_n) de Schmidt,

$$A_n^* = \overline{\alpha}_{n1}\varepsilon_1 + \ldots + \overline{\alpha}_{nn}\varepsilon_n \qquad \text{et} \qquad X = \Sigma\xi_n\varepsilon_n,$$

on aura des équations récurrentes

$$y_n = \alpha_{n1}\xi_1 + \ldots + \alpha_{nn}\xi_n \qquad (n = 1, 2, \ldots, \infty;\ \alpha_{ik} = 0 \text{ pour } i < k).$$

Les α_{nn} sont $\neq 0$, les A_n^* étant indépendants, car A^* n'a pas de zéro autre que l'origine. En considérant la matrice récurrente $\beta = \|\beta_{ik}\|$, inverse de $\alpha = \|\alpha_{ik}\|$, $\alpha\beta = \beta\alpha = 1$, il vient : $\xi_n = \beta_{n1}y_1 + \ldots + \beta_{nn}y_n$, en sorte que les $\mathcal{Y}$ appartenant à Δ_A sont caractérisés par la convergence de la série $\Sigma|\beta_{n1}y_1 + \ldots + \beta_{nn}y_n|^2$. En introduisant les vecteurs

$$B_k = \overline{\beta}_{k1}e_1 + \ldots + \overline{\beta}_{kk}e_k \qquad (\beta_{kp} = 0 \text{ pour } p > k),$$

on voit que Δ_A *est caractérisé par la convergence de* $\Sigma|(B_k, Y)|^2$. Or les relations $\Sigma_p\beta_{kp}\alpha_{pi} = \delta_{ik}$ exprimant $\beta\alpha = 1$ montrent que les B_k sont le système dualistique du système des vecteurs $C_i = \Sigma_p\alpha_{pi}e_p$; $(C_i, B_k) = \delta_{ik}$. On reconnaît aussitôt que $C_i = A\varepsilon_i$. Par $(A\varepsilon_i, B_k) = \delta_{ik}$, on définit donc un système servant à caractériser Δ_A.

La liaison du système des $A\varepsilon_i$ avec celui des $A_i = Ae_i$ entraîne une liaison du système B_k avec le système Z_k défini par $(A_i, Z_k) = \delta_{ik}$. On a $e_i = \Sigma_p v_{ip}\varepsilon_p$, $\|v_{ik}\|$ étant unitaire. Donc $Ae_i = \Sigma_p v_{ip}A\varepsilon_p$ et

$$(Ae_i, B_k) = \Sigma_p\overline{v}_{ip}(A\varepsilon_p, B_k) = \overline{v}_{ik}.$$

D'où $(Z_i, A_k) = \delta_{ik}$ et $(B_i, A_k) = u_{ik}$, $U = \|u_{ik}\|$ étant unitaire. Les opérateurs non bornés $Z^\star$ et $B^\star$, définis dans le système (e_i) par $z_i = (Z_i, X)$ et $b_i = (B_i, X)$, sont donc tels que $Z^\star A = 1$ et $B^\star A = U$. Pour tout X de H on a $Z^\star AX = X$ et $B^\star AX = UX$ et on le vérifie aussitôt par $AX = \Sigma x_k A_k$ si $X = \Sigma x_k e_k$. Donc : 1° $\Delta_{Z^\star}$ et $\Delta_{B^\star}$ sont $\equiv H$; 2° les domaines d'existence $D_{Z^\star}$ et $D_{B^\star}$ contiennent Δ_A; 3° l'inverse A^{-1} de A étant défini dans Δ_A, on aura *dans* Δ_A, $Z^\star = A^{-1}$, $B^\star = UA^{-1}$; donc $B^\star = UZ^\star$ et $Z^\star = U^{-1}B^\star$. Cela s'exprime par les relations, *valables pour tout* Y de Δ_A, $(B_i, Y) = \Sigma_k u_{ik}(Z_k, Y)$, $(Z_i, Y) = \Sigma_k \bar{u}_{ki}(B_k, Y)$, $(i = 1, 2, \ldots, \infty)$, qu'on peut vérifier directement à partir de $Y = AX = \Sigma x_k A_k$.

L'opérateur $Z^\star$ existe dans $D_{Z^\star}$ caractérisé par la convergence de $\Sigma|(Z_k, Y)|^2$. L'opérateur $B^\star$ n'existe pas en dehors de Δ_A, son domaine $D_{B^\star}$ étant caractérisé, comme Δ_A, par la convergence de $\Sigma|(B_k, Y)|^2$. $D_{Z^\star}$ contient Δ_A. Mais, la relation $B^\star = UZ^\star$ *n'étant prouvée que dans* Δ_A, on n'en peut conclure que $Z^\star$ n'existe pas en dehors de Δ_A, c'est-à-dire que $D_{Z^\star} = \Delta_A$; et l'on ne peut, sans considérations supplémentaires, affirmer que Δ_A est caractérisé par la convergence de $\Sigma|(Z_k, Y)|^2$. On notera cependant que, dans Δ_A, on a $\Sigma|(B_k, Y)|^2 = \Sigma|(Z_k, Y)|^2$, ce qui laisse supposer que Δ_A est peut-être caractérisé par la convergence de $\Sigma|(Z_k, Y)|^2$.

4. Examinons la convergence de la série $\Sigma_k(Z_k, Y)A_k$, introduite précédemment (²) : 1° Si Y appartient à Δ_A, $Y = AX = \Sigma_k x_k A_k$, fortement convergente, on aura évidemment $\Sigma(Z_k, Y)A_k = \Sigma_k x_k A_k = Y$. *Tout* Y *de* Δ_A *se représente donc par la série fortement convergente* $Y = \Sigma(Z_k, Y)A_k$.

2° Dans l'hypothèse, non exclue précédemment, où $D_{Z^\star}$ serait $> \Delta_A$, la série $\Sigma(Z_k, Y)A_k$ convergerait fortement pour tout Y, non de Δ_A, mais tel que $\Sigma|(Z_k, Y)|^2$ converge. La somme $\zeta = \zeta(Y)$ serait un vecteur de Δ_A tel que $(Z_i, \zeta) = (Z_i, Y)$, donc $(Z_i, \zeta - Y) = 0$ pour $i = 1, 2, \ldots \infty$. Donc $\zeta - Y$ serait orthogonal à tous les Z_i. On voit aussitôt qu'un vecteur orthogonal à tous les Z_i ne peut appartenir à Δ_A.

5. On peut donc conclure :

a. Si *dans la variété fermée* $V = [A_1, A_2, \ldots]$, définie par les $A_i = Ae_i$, A de quatrième classe, il existe un système dualistique Z_k tel que $(A_i, Z_k) = \delta_{ik}$, (et l'on a donné, lorsque $V = H$, la condition nécessaire et suffisante qui s'étend à $V < H$), ce système est *unique*.

b. On a, pour tout Y de Δ_A (⁵), $Y = \Sigma(Z_k, Y)A_k$. Si, dans V, *il n'existe*

(⁵) Dans le cas où $V = [\Delta_A] < H$ (A de quatrième classe non type *a*), la série $\Sigma(Z_k, Y)A_k$ converge fortement vers $P_V Y$ lorsque la projection $P_V Y$ de Y sur $V = [\Delta_A]$ appartient à Δ_A.

aucun vecteur orthogonal à tous les Z_i, le domaine Δ_A se caractérise par la convergence de la série $\Sigma|(Z_k, Y)|^2$.

c. Si, dans V, il existe un vecteur orthogonal à tous les Z_i, le domaine D_Z, caractérisé par la convergence de $\Sigma|(Z_k, Y)|^2$ contient Δ_A et le déborde.

L'alternative est donc ramenée à celle de savoir si la variété fermée $[Z_1, Z_2, \ldots]$, qui appartient à $[A_1, A_2, \ldots]$, est *intérieure ou identique à cette dernière*.

Les Z_i dualistiques des A_i possèdent d'autres propriétés qu'on fera connaître ailleurs.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Commentaires sur la théorie des ondes planes.* Note de M. **Dimitri Riabouchinsky**.

Depuis les recherches de Riemann sur les ondes planes d'amplitude finie impliquant l'apparition d'ondes de choc et les recherches de Rankine et Hugoniot sur ces dernières, on a toujours étudié la résistance que l'air oppose au mouvement d'un projectile en se basant sur les recherches susdites.

J'ai développé [1] une théorie de la résistance aux vitesses supersoniques en admettant que les filets fluides du mouvement relatif subissent dans la zone de compression au devant de l'ogive d'un projectile une *contraction* analogue à celle dont il faut tenir compte dans le phénomène inverse de la détente dans une tuyère convergente-divergente. Cette contraction au devant du projectile se produisant d'une façon plus brusque que dans la tuyère, et sans paroi interposée, des échanges de chaleur par conductibilité et rayonnement peuvent prendre place en déterminant une augmentation d'entropie, mais cette augmentation sera, en général, moins considérable que ne l'exige la théorie de l'onde de choc de Rankine et d'Hugoniot. La courbe théorique de la variation des coefficients de résistance en fonction du rapport v/c que j'ai obtenue, s'accorde assez bien avec celles que donne l'expérience pour les projectiles effilés à l'avant.

---

(1) *Sur la résistance de l'air* (en russe), Moscou, 1916. Ce Mémoire a été présenté à l'Académie des Sciences par M. Paul Appell (*Comptes rendus*, 164, 1917, p. 163); *Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, VI, Paris 1920, p. 39.

L'analogie hydraulique des mouvement rectilignes d'un fluide compressible a conduit H. Lamb ([2]) à adapter la théorie de Riemann au problème des ondes longues dans un canal. Il a retrouvé la déformation obligatoire des ondes et l'apparition des ondes de choc. Ce résultat est cependant contredit par l'expérience : l'onde solitaire se propage avec une vitesse uniforme et sans modifier sensiblement de forme. La solution approchée du problème de l'onde solitaire, obtenue d'abord par J. Boussinesq, ensuite, sous la forme

$$a(\varphi + i\psi) = x + iy + \alpha \operatorname{tgh}(x + iy), \qquad i^2 = -1,$$

par J. McCowan, et que j'ai ramenée ([3]) à la forme paramétrique $x + iy = a(\varphi + i\psi) - \alpha \operatorname{tgh} a(\varphi + i\psi)$, conduit à des résultats conformes à l'expérience.

J'ai proposé ([3]) le problème suivant : étudier le mouvement d'une onde dans un tuyau cylindrique *sans faire l'hypothèse que le mouvement du fluide est à une dimension* et voir si l'on ne pourrait pas obtenir ainsi une onde indéformable, analogue à l'onde solitaire d'un liquide pesant. La théorie des mouvements supersoniques presque rectilignes, que j'ai développé, m'a permis de démontrer ([4]) que de pareilles ondes peuvent effectivement se propager dans les gaz.

Les solutions du problème de l'onde solitaire dans un liquide et de celui de l'onde invariable dans un gaz, mentionnées ci-dessus, ne sont rigoureuses qu'autant que le paramètre α est quasi infiniment petit. Mais, les équations déterminant un mouvement, judicieusement choisi, *tangent* au mouvement réel considéré, supportent, en général, une extrapolation assez forte en conservant les traits essentiels du mouvement réel dans des conditions plus larges. Cette remarque trouve de nombreuses confirmations en mécanique des fluides.

La recherche d'une explication de la profonde divergence entre les résultats obtenus par Riemann et Lamb et ceux que donnent les théories mentionnées plus haut, confirmées par l'expérience, fait l'objet principal de la présente Note.

1. Prenons les équations des mouvements bidimensionnels d'un fluide

---

([2]) *Hydrodynamics*, édition allemande, Berlin, 1907, p. 323.

([3]) *Bulletin Technique du Ministère de l'Air*, 67, 1930, p. 10 et 55.

([4]) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 696.

sous la forme

$$(1)\quad \frac{\partial P}{\partial x} = -\frac{du}{dt}, \quad \frac{\partial P}{\partial y} = -\varepsilon\frac{dv}{dt}, \quad \frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial \rho v}{\partial y}, \quad \frac{d}{dt}\frac{\zeta}{\rho} = 0, \quad \zeta = \frac{\partial u}{\partial y} - \varepsilon\frac{\partial v}{\partial x}.$$

Dans le problème de Lamb il faut poser $P = p/\rho + gy$, $\rho =$ const., et, dans le problème de Riemann, $P = \int dp/\rho$. L'hydrodynamique classique correspond, évidemment, à la valeur unité du paramètre ε. Si $\varepsilon \neq 1$, on obtient ([5]) des hydrodynamiques non eulériennes ou non lagrangiennes.

Lamb admet que l'accélération verticale est suffisamment petite pour être négligée et que la composante u de la vitesse n'est fonction que de x et t. On peut satisfaire aux simplifications admises par Lamb et aux équations (1) en posant

$$\varepsilon = 0, \qquad \zeta = 0, \qquad u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} = \frac{\partial \psi}{\partial y} = f'(x), \qquad v = -\frac{\partial \psi}{\partial x} = -yf''(x)$$

et par conséquent

$$(2)\qquad \varphi + k\psi = f(x + ky) \qquad (k^2 = 0).$$

La solution obtenue par Lamb peut être considérée comme rigoureuse, mais seulement dans l'hydrodynamique non lagrangienne définie par l'équation (2). Les ondes de choc sous la forme de droites verticales sont des singularités caractéristiques de l'équation (2).

Pour passer au problème de Riemann, on peut poser dans les équations (1) $\varepsilon = 0$, $\zeta = 0$ et passer ensuite à la limite pour $v \to 0$. La solution de Riemann apparaît alors comme une solution singulière des équations eulériennes, car, pour $v =$ infiniment petit, elle peut cesser de satisfaire à ces équations.

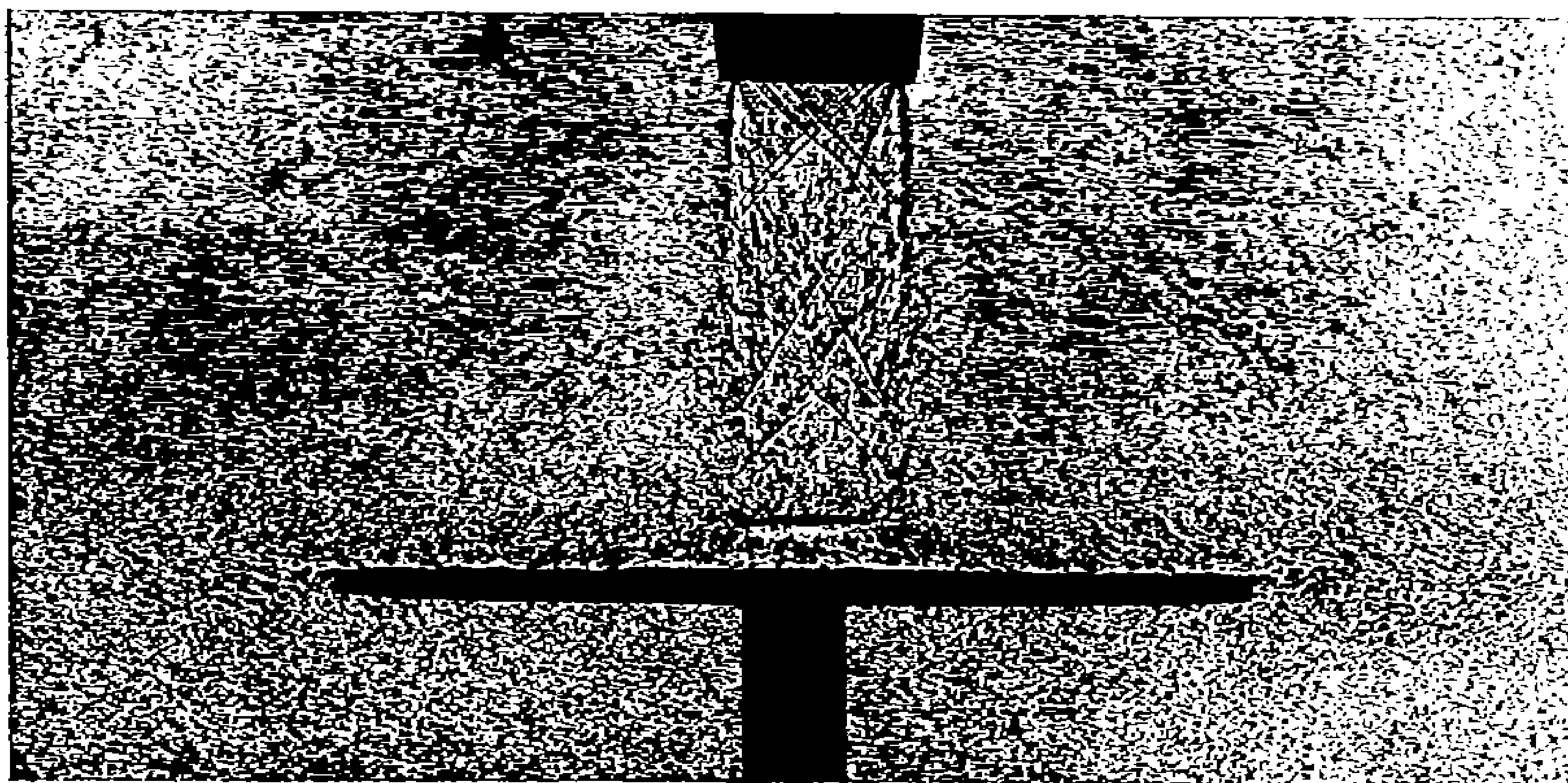
2. Pour soumettre les remarques faites au début de cette Note sur la contraction d'un jet gazeux frappant un obstacle, j'ai effectué une expérience dont j'ai déjà eu l'occasion de parler ([6]), mais sans la réaliser. Un jet gazeux émis par une tuyère convergente-divergente de section circulaire (diamètre d'étranglement $16^{mm},6$, diamètre de sortie $18^{mm},6$) frappe un disque de 10^{cm} de diamètre placé orthogonalement à l'axe du jet. L'ombre du jet, éclairée latéralement par une étincelle, est enregistrée sur

---

([5]) *Congresso Internazionale dei Matematici*, Bologna, 6, 1928, p. 175.

([6]) *The Royal Aeronautical Society Aeronautical Reprints*, 77, Londres, 1935, p. 97.

une plaque sensible. Les dispositifs et procédés employés ont été décrits précédemment ([7]). L'une des photographies obtenues est donnée dans la figure ci-dessous.



Notons sur cette figure les ondes superficielles accidentelles, qui mettent bien en évidence les cônes de discontinuité de densité, du premier ou du second ordre, dans le jet. Notons aussi les *traces* d'ondes sonores de grande intensité dans l'entourage du disque pouvant déterminer une augmentation de la pression exercée sur ce dernier. La présence de l'obstacle n'influe pas sensiblement sur le mouvement à l'amont de l'étranglement du jet. Cet étranglement apparaît nettement sur la figure.

J'adresse, en terminant, mes remercîments à M. A. Seguin et M. S. Vladimirsky pour le concours qu'ils ont bien voulu me prêter dans les prises des photographies et la préparation des expériences.

MM. **Auguste Chevalier** et **Alexandre Bigot** font hommage à l'Académie d'une biographie de *Louis Corbière*, avec un *portrait*.

M. **Jules Richard** fait hommage à l'Académie des *Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par* Albert I[er], *prince souverain de Monaco, publiés sous sa direction avec le concours de* M. Jules Richard. Fascicule CIII. *Recueil de travaux relatifs aux campagnes du Prince* Albert I[er]

([7]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 425.

DE MONACO (*Protistologie*, *Zoologie*, *Physiologie*, *Bactériologie*, *Algologie*, *Pathologie*) *par* DIVERS AUTEURS. Fascicule CIV. *Hydropolypes provenant des Croisières du Prince* ALBERT Ier *de Monaco*, par EUGÈNE LELOUP.

CORRESPONDANCE.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° † L. JOLEAUD. *Atlas de Paléobiogéographie*. 99 planches, 1 portrait (présenté par M. Auguste Chevalier).

2° *Contribution à l'étude de la répartition actuelle et passée des organismes dans la zone néritique* par R. ABRARD, M. ANDRÉ, L. BERLAND, A. BIGOT, P.-A. BUROLLET, AD. DAVY DE VIRVILLE, C. DECHASEAUX, L. FAGE, J. FELDMANN, P.-H. FISCHER, E. FISCHER-PIETTE, M. FONTAINE, L. GERMAIN, R. LEGENDRE, Mme P. LEMOINE, H. PRAT, H.-G. SCHENCK et A.-M. KEEN, L.-G. SEURAT, J. TIMON-DAVID (présenté par M. Auguste Chevalier).

3° *Hémorragie-choc-asphyxie*, par LÉON BINET (présenté par M. H. Vincent).

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la similitude aérodynamique dans les moteurs et les compresseurs*. Note de M. **RAYMOND JAMIN**, présentée par M. Albert Caquot.

On peut considérer un ventilateur ou un compresseur centrifuge ou hélicoïdal comme une tubulure de forme donnée, contenant un organe en rotation et parcourue par un gaz. Si la viscosité est négligeable, la conservation de la similitude aérodynamique maintient constants les rapports $P_1 : P_2 = \psi$ des pressions en deux points donnés [1]. Mais alors la distribution du mouvement relatif autour de l'organe mobile est conservée, et il suffit de raisonnements simples pour montrer que le rapport $\omega : \sqrt{T_0}$ est lui aussi une constante (ω, vitesse angulaire; T_0, température absolue au repos en amont). On retrouve donc une expression déjà donnée par Capon et Brooke (*Review and Memorial*, n° 1336, juin 1930). Dans un circuit gazeux comportant un tel appareil la similitude aérodynamique peut être caractérisée par la constance de ψ ou de $\omega : \sqrt{T_0}$, l'une des conditions entraînant l'autre, les vitesses locales et les débits en

masse satisfaisant à des équations précédemment fournies [1]. Mais ces propriétés s'étendent à toutes *souffleries*, même à celles qui comportent un déplaceur d'air volumétrique, rotatif ou à pistons, car la démonstration donnée ci-après pour les moteurs se généralise aisément.

Le fonctionnement des *souffleries* de tous systèmes peut donc être représenté par des courbes expérimentales en fonction de ψ ou de $\omega : \sqrt{T_0}$, et l'on peut ainsi localiser les singularités ou les régimes avantageux. On voit l'intérêt de régulateurs thermiques de vitesse pour maintenir les régimes homologues. On voit aussi que les tubulures des appareils aspirant des gaz très froids doivent être particulièrement étudiées. On s'explique les anomalies constatées parfois quand on fait le vide dans un réservoir, la conservation de la similitude exigeant que la vitesse de rotation des pompes à vide décroisse comme la racine d'ordre $2\gamma : (\gamma - 1)$ de la pression intérieure (γ, rapport des chaleurs spécifiques). Pour l'air, la vitesse doit décroître comme la racine septième de la pression.

Considérons maintenant la phase d'admission d'un moteur à explosions à quatre temps, non suralimenté. Quand le vilebrequin tourne de $d\alpha$, le volume intérieur $v = f(\alpha)$ du cylindre varie de $dv = f'(\alpha)\,d\alpha$. La constance des chaleurs spécifiques permet de supposer, sans changer les résultats, que les gaz initiaux et ceux qui entrent ne se mélangent pas avant la fin du temps élémentaire considéré. Les premiers ont alors une variation $d_1 v$ de volume (adiabatique), tandis que les seconds viennent occuper isothermiquement l'espace $d_2 v$. On a pour les premiers

$$dp : p = -\gamma\, d_1 v : v,$$

en appelant p la pression intérieure et γ le rapport des chaleurs spécifiques. Pour les seconds, on écrit $p\, d_2 v = RT_0\, dm$, en appelant R la constante de l'air gaz parfait, T_0 la température absolue extérieure, dm la masse élémentaire admise. On tient compte de $d_1 v = f'(\alpha)\, d\alpha - d_2 v$. On admet que les lois des régimes permanents sont applicables, et par conséquent que $dm = k\varphi(\alpha,\ p/p_0)\, p_0/\sqrt{T_0}\ d\alpha/\omega$, en appelant k une constante, p_0 la pression extérieure, ω la vitesse angulaire. La fonction φ peut être déterminée expérimentalement pour chaque valeur de $p : p_0$ et de la levée de soupape (donc de α). On obtient finalement

$$\frac{dp}{p} = -\frac{\gamma\, d\alpha}{f(\alpha)}\left[f'(\alpha) - kR\varphi\left(\alpha, \frac{p}{p_0}\right)\frac{p_0}{p}\frac{\sqrt{T_0}}{\omega}\right].$$

[1] *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 301.

Si donc on considère des régimes définis par la constance de $\omega:\sqrt{T_0}$, cette équation montre que les $p:p_0$ seront conservés, pour chaque valeur de α, à condition qu'il existe une position déterminée α_1 pour laquelle $p:p_0$ reprenne toujours la même valeur déterminée ψ_1. Cette condition est remplie, puisque, au début de l'admission, pour une position pratiquement invariable, $p=p_0$. Comme la compression adiabatique maintient aussi les $p:p_0$ pour chaque valeur de α, on voit que, pour des régimes homologues, la pression en fin de compression reste proportionnelle à p_0.

L'identité des critères de similitude aérodynamique pour le moteur non suralimenté et pour tous les systèmes de compresseurs conduit à des lois générales pour tous moteurs, suralimentés ou non, quand les vitesses de rotation du moteur et du compresseur restent proportionnelles. On est conduit à grouper tout ce qui concerne l'admission et la compression, qu'elles soient effectuées dans le cylindre ou dans des appareils extérieurs. Pour des régimes homologues, conservant simultanément les $\omega:\sqrt{T_0}$ et les rapports de pressions, on démontre aisément que la masse de gaz admise par tour est proportionnelle à la densité extérieure, que la masse admise par seconde varie comme $p_0:\sqrt{T_0}$, la puissance de compression comme $p_0\sqrt{T_0}$ etc. La relation linéaire entre température et altitude dans l'atmosphère standard officielle conduit à des relations simples telles que $z=44320[1-(n^2:n'^2)]$ dans laquelle n et n' sont les nombres de tours pour régimes homologues à l'altitude z mètres et au sol. Mais la discrimination des influences propres de T et de p pour l'avion, pour l'hélice, pour le compresseur et le moteur amènera vraisemblablement à perfectionner les méthodes de représentation des performances, actuellement limitées à une atmosphère standard, où p et T sont liés invariablement.

Un avion non déformable évoluant à angle d'attaque et à pas d'hélice constant, on réalise des régimes pleinement homologues quand les vitesses de translation et de rotation restent proportionnelles à $\sqrt{T_0}$. La distribution des pressions et leur proportionnalité à la pression extérieure sont alors conservées pour l'avion et pour l'hélice (même s'il se produit des ondes balistiques) pour la tubulure générale d'admission et pour le compresseur. Dans chaque cylindre et dans chaque tubulure particulière d'admission, on retrouve de même, pendant les courses admission-compression, et pour chaque position du vilebrequin, un même rapport entre les pressions intérieure et extérieure. La poussée, la traînée, l'effort de traction, les efforts sur les gouvernes restent proportionnels à la pression

extérieure. Ces conclusions supposent seulement que l'air est un gaz parfait et la viscosité négligeable. On peut écrire des équations de vol très générales, s'appliquant à la fois à des avions lents et à des engins dépassant la vitesse du son. On voit aussi l'importance, par rapport aux autres, des critères de similitude aérodynamique négligeant la viscosité (ψ, et $\omega:\sqrt{T_0}$, ainsi que le coefficient de vitesse de l'avion).

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur un amplificateur d'ionisation à coïncidences.* Note [1] de M. **Claude Magnan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

L'étude chimique des fragments nucléaires d'uranium provoqués par l'action des neutrons a montré l'existence [2] de trois chaînes principales de désintégration β, à savoir $Kr \to Rb \to Sr \to Yt \to \ldots$, $Xe \to Cs \to Ba \to La \to \ldots$, $Sb \to Te \to I \to Xe$.

Si l'on se borne à l'une des chaînes principales, on peut tout de suite remarquer qu'au noyau de krypton correspondra dans la cassure de l'uranium un noyau de baryum.

La conservation de l'énergie et de la quantité de mouvement aura pour effet de donner au fragment le plus léger la plus grande énergie et inversement. Il faudra donc s'attendre à avoir la plus grande énergie pour le krypton et un rapport d'énergie entre Kr et Ba égal à

$$\frac{E_{Kr}}{E_{Ba}} = \frac{M_{Ba}}{M_{Kr}} = \frac{140}{88} = 1,5,$$

en prenant pour valeurs des masses M_{Ba} et M_{Kr} celles des noyaux identifiés dans deux des chaînes connues. Ces valeurs varient cependant de peu d'unités d'une chaîne à l'autre et le rapport n'est pratiquement pas modifié. On trouverait 1,5 pour Xe et 1,3 pour Sb.

La relation d'Einstein entre la masse et l'énergie permet de trouver [3] ΔE, énergie libérée par la bipartition, $\Delta E = 218$ MeV. L'étude des fragments nucléaires d'uranium avec un amplificateur d'ionisation a

---

(1) Séance du 29 septembre 1941.

(2) F. A. Heyn, A. H. W. Aten, C. J. Bakker, *Nature*, 143, 1939, p. 516; O. Hahn et F. Strassmann, *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 529; P. Abelson, *Phys. Rev.*, 56, 1939, p. 1.

(3) L. A. Turner, *Rev. of mod. Phys.*, 12, 1940, p. 8.

montré (4) l'existence de particules de grandes énergies, allant jusqu'à 100 MeV.

Puisque l'analyse chimique des fragments d'uranium a montré, comme nous l'avons vu plus haut, l'existence d'au moins trois chaînes à désintégration β différentes, il est raisonnable de s'attendre à ce que ces fragments nucléaires forment six groupes de particules de grandes énergies. Von Droste (4) a trouvé huit groupes : 36, 43, 52, 59, 65, 74, 80, 90 MeV.

En exposant une mince couche d'uranate aux neutrons lents d'un générateur ^{7}Li (d, n) de 300000 volts, nous avons trouvé (*fig.* 1) quatre groupes : 40, 60, 80, 100 MeV.

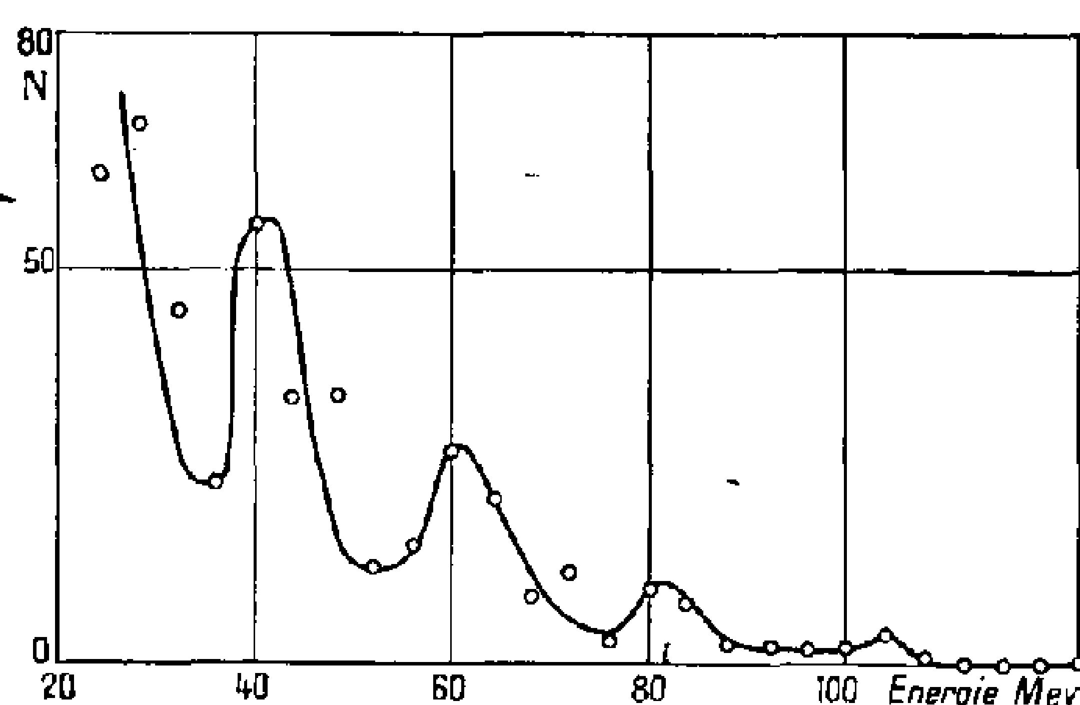


Fig. 1.

Ceci est en bon accord avec une partie des valeurs de Von Droste et avec celles de Kanner et Barschall (5), qui trouvent deux groupes 65 et 97 MeV.

Certains auteurs ont cherché à vérifier le bilan d'énergie totale de la bipartition d'uranium. Kanner et Barschall (5), disposant une mince couche d'uranium au centre d'une chambre d'ionisation, trouvent une énergie totale de 160 MeV.

Malcolm Henderson (6), avec une méthode calorimétrique, trouve 177 MeV, qui, compte tenu de l'énergie des électrons, revient à 165 MeV.

Nous avons refait ces expériences, en disposant deux chambres d'ionisation cylindriques et coaxiales de part et d'autre de la mince couche

(4) O. R. Frisch, *Nature*, 143, 1939, p. 276; H. L. Anderson, E. T. Booth, J. R. Dunning, E. Fermi, G. N. Glasoe et F. G. Slack, *Phys. Rev.*, 55, 1939, p. 511; W. Jentschke et F. Prankl, *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 134; J. Von Droste, *Naturwiss.*, 27, 1939, p. 198; C. Magnan, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 742.

(5) *Phys. Rev.*, 57, 1940, p. 372.

(6) *Phys. Rev.*, 58, 1940, p. 774.

d'uranate d'ammoniaque et en les groupant en parallèle. Nous avons trouvé deux groupes de valeurs : 140 et 160 MeV. Ces méthodes globales ne tiennent aucun compte des groupes et ne donnent que la limite supérieure du bilan d'énergie.

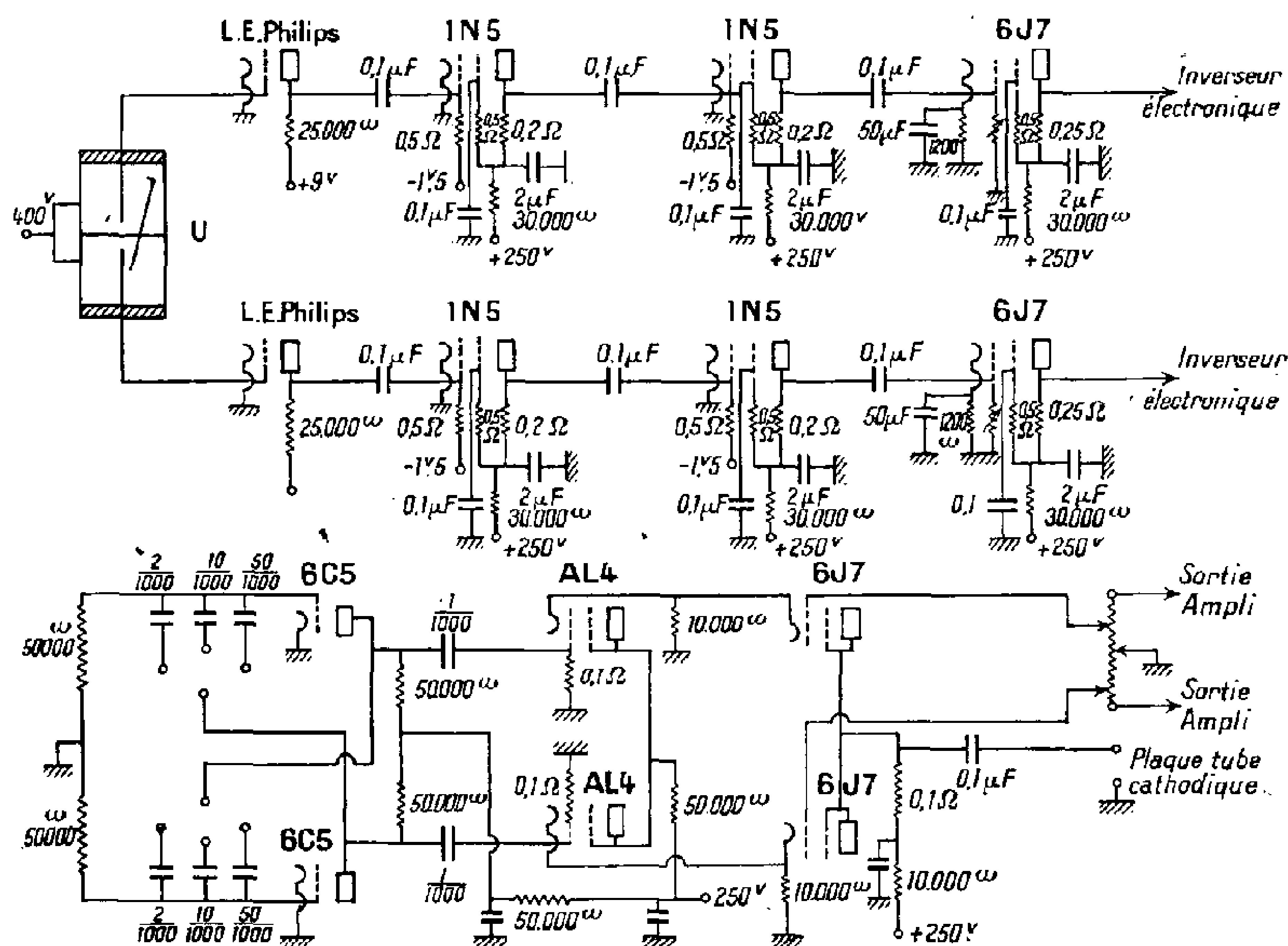


Fig. 2.

Il serait d'un grand intérêt de pouvoir 1° mesurer pour chaque explosion les valeurs relatives des énergies des fragments et ceci simultanément; 2° faire correspondre deux par deux les groupes, qui caractérisent les énergies des deux fragments; 3° observer ce que devient la somme des énergies de deux tels groupes vis-à-vis de $\Delta E = 218$ MeV. C'est pour répondre à ce problème que nous avons réalisé l'appareil suivant (*fig.* 2) :

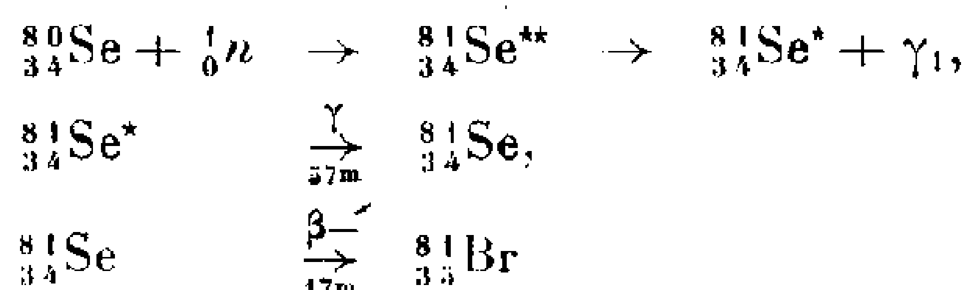
Deux chambres d'ionisation cylindriques ($d = 30^{mm}$, $h = 30^{mm}$), coaxiales sont placées de part et d'autre d'une mince couche d'uranate d'ammoniaque (1 à 2^{μ} d'uranate déposés sur 1^{μ} d'aluminium). Chacune de ces chambres est reliée, par l'intermédiaire d'une lampe électromètre, à un amplificateur linéaire à trois étages, dont le coefficient d'amplification en tension est 10^6. Ces deux amplificateurs sont alors reliés à un inverseur électronique, dont le principe sommaire est de bloquer le signal d'un des amplificateurs, alors que l'autre passe et inversement, ceci 10000 fois par

seconde. Il en résulte qu'un signal d'ionisation, qui dure 1/200ᵉ de seconde, est schématisé par 50 points. L'inverseur électronique commande directement les plaques de déviation d'un tube cathodique. Les plaques dites de balayage sont commandées par une base de temps, qui étale le phénomène. Grâce à cet inverseur électronique deux signaux simultanés s'inscrivent au même endroit de l'écran du tube cathodique. Quand une particule ionisante traverse simultanément les deux chambres ou que deux fragments d'uranium prennent naissance simultanément, l'un dans une chambre, l'autre dans la deuxième chambre, on observe sur le tube cathodique deux impulsions qui coïncident. On peut donc mesurer simultanément les énergies des deux fragments.

CHIMIE NUCLÉAIRE. — *Sur la rupture des liaisons homopolaires sous l'influence des émissions particulaires dans les composés du sélénium.* Note de M. **Raymond Daudel**, présentée par M. Louis de Broglie.

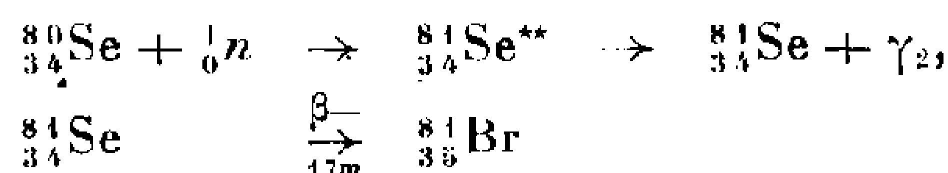
Le sélénium donne lieu à de nombreuses réactions nucléaires par capture de neutrons.

Il nous a semblé intéressant de chercher à savoir si en particulier les réactions (Langsdorf et Segré, *Physical Review*, January 1940)



$$^{80}_{34}\mathrm{Se} + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{81}_{34}\mathrm{Se}^{**} \rightarrow ^{81}_{34}\mathrm{Se}^{*} + \gamma_1,$$
$$^{81}_{34}\mathrm{Se}^{*} \xrightarrow[57\mathrm{m}]{\gamma} ^{81}_{34}\mathrm{Se},$$
$$^{81}_{34}\mathrm{Se} \xrightarrow[17\mathrm{m}]{\beta-} ^{81}_{35}\mathrm{Br}$$

et



$$^{80}_{34}\mathrm{Se} + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{81}_{34}\mathrm{Se}^{**} \rightarrow ^{81}_{34}\mathrm{Se} + \gamma_2,$$
$$^{81}_{34}\mathrm{Se} \xrightarrow[17\mathrm{m}]{\beta-} ^{81}_{35}\mathrm{Br}$$

correspondaient à des émissions photoniques capables de rompre des liaisons intratomiques de covalence.

Nous avons pu mettre en évidence des ruptures de ce genre chez les molécules du sélénite de sodium par diverses méthodes qui correspondent au procédé de Szilard. Nous avons d'ailleurs été conduit à admettre que, dans la solution aqueuse de sélénite de sodium, les fragments de molécules détruites comprennent des atomes de sélénium libre.

Les méthodes utilisées pour déceler les ruptures des liaisons homopolaires constituent en même temps des procédés très efficaces de concentration du radiosélénium.

I. *Mise en évidence des ruptures.* — Dans chacune des expériences réalisées le point de départ était le sélénite de sodium activé pendant environ 1 heure avec des neutrons produits par le cyclotron de M. Joliot, au Collège de France.

Dans l'une des méthodes le sélénite de sodium actif est dissous dans l'eau puis traité par une trace de sulfure ou de sélénium soluble.

On rend le milieu acide et l'on flocule le précipité colloïdal formé par un léger chauffage en présence de chlorure de magnésium.

Le sulfure de sélénium ou le sélénium ainsi séparé contient environ 50 % de l'activité initiale, ce qui prouve que l'émission des photons par le noyau de sélénium dans la molécule SeO^3Na^2 provoque la rupture de ses liaisons homopolaires ; la probabilité de rupture lors du départ d'un photon étant assez considérable.

La part due au recul du noyau et celle due à la conversion interne restent difficiles à établir, car on ne connaît pas l'énergie des photons γ_1 et γ_2.

D'autres procédés conduisent aux mêmes conclusions.

On peut ainsi provoquer la précipitation, dans le sélénite actif dissous, d'une petite quantité de sélénite d'argent ou de baryum en ajoutant, selon le cas, une trace de sel d'argent ou de baryum.

On peut encore faire apparaître dans le milieu aqueux de sélénite actif une petite quantité d'hydroxyde de nickelodiméthylglyoxime ou un précipité de gomme-laque en ajoutant dans ce dernier cas un peu de liqueur alcoolique de gomme-laque dans le milieu salin rendu primitivement acide. (Le sélénite de sodium communique à l'eau un pH alcalin et la gomme-laque ne précipite pas, dans ces conditions.)

Dans chacune de ces méthodes le rendement en activité de l'opération est toujours de l'ordre de 50 %, lorsque l'on provoque dans la solution saline l'apparition d'une quantité suffisante et d'ailleurs très faible de précipité.

II. *Nature de l'activité.* — L'indépendance du rendement avec la nature de l'entraîneur fait penser qu'après la rupture l'activité prend en milieu aqueux une forme qui, si elle comptait un nombre suffisant d'atomes, précipiterait.

Tout nous oblige donc à admettre qu'elle se trouve, en effet, dans la solution à l'état de sélénium libre, car, si l'on peut objecter que, dans les méthodes au sulfure, au séléniure, au baryum, à l'argent ou au nickel, l'activité même, à l'état de séléniure, serait totalement précipitée, il en va autrement dans le cas de la méthode à la gomme-laque.

On pourrait encore penser que la gomme-laque agit, par pure adsorption ionique, sur des ions séléniures actifs, mais le fait que le rendement est le même que dans les autres méthodes nous écarte de cette idée et nous fait penser plutôt à un entraînement de l'activité reposant sur une sorte de floculation d'atomes libres de sélénium par rassemblement de ceux-ci sur les particules de gomme-laque; l'entraînement se ferait de la même façon lors des autres méthodes.

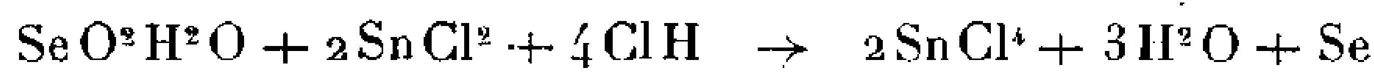
D'ailleurs nous avons pu obtenir confirmation de cette assertion en précipitant la gomme-laque dans le sélénite en présence de séléniure dissout : le rendement reste inchangé, ce qui ne saurait avoir lieu si l'activité se trouvait sous forme de séléniure.

III. *Concentration du radiosélénium.* — L'emploi de l'une quelconque des méthodes précédentes permet de concentrer 50 % environ de l'activité de 100^{g} de sélénite de sodium sur moins de 1^{mg} de matière, mais deux d'entre ces procédés présentent sur les autres un certain avantage quant à l'expérimentation.

Lors de la précipitation de l'hydroxyde de nickelodiméthylglyoxime, on obtient un précipité actif très soluble dans l'acide chlorhydrique, ce qui permet de transporter l'activité sur un support quelconque. La même remarque convient quant au procédé à la gomme-laque, qui conduit à une substance active soluble dans l'éthanol à chaud.

CHIMIE MINÉRALE. — *Une méthode de dosage de l'étain en présence d'antimoine et de plomb.* Note de MM. **Martial-Félix Taboury** et **Élie Gray**, présentée par M. Marcel Delépine.

La réduction de l'acide sélénieux par le chlorure stanneux en milieu chlorhydrique schématisée par l'équation



$$\mathrm{SeO^2H^2O + 2SnCl^2 + 4ClH \rightarrow 2SnCl^4 + 3H^2O + Se}$$

est totale aussi bien pour l'étain que pour le sélénium quand on ajoute un excès de l'autre réactif. A notre connaissance il semble qu'à l'heure actuelle elle ait été utilisée uniquement pour le dosage du sélénium. La présente Note a pour objet d'indiquer sous quelles conditions elle est applicable à la recherche et au dosage de l'*étain* en présence d'*antimoine* et de *plomb*.

La nécessité d'employer l'acide nitrique pour l'attaque de l'alliage Pb, Sb, Sn, oblige :

a. après addition de ClH, à chasser *totalement* l'acide nitrique dont la présence empêcherait la transformation ultérieure de $SnCl^4$ en $SnCl^2$, forme sous laquelle *tout* l'étain doit se trouver pour être oxydé quantitativement par l'acide sélénieux;

b. à réduire $SnCl^4$ à l'état de $SnCl^2$.

On se débarrassera totalement de l'acide nitrique, en prenant les précautions habituelles pour éviter la volatilisation d'une partie de l'étain, par évaporation partielle du produit de l'attaque auquel on aura ajouté de l'acide chlorhydrique et en répétant l'opération aussi souvent qu'il le faudra.

La réduction de $SnCl^4$ se fera par l'aluminium. En milieu chlorhydrique ce métal précipite l'étain et l'antimoine à l'état *métallique*. Mais une ébullition du liquide tenant les deux précipités en suspension, pourvu qu'il soit franchement acidulé par ClH, fera passer l'étain à l'état de $SnCl^2$ tandis que la majeure partie de l'antimoine restera inattaquée

Le mode opératoire suivant, brièvement décrit, découle de ces remarques.

Après l'attaque par l'acide nitrique d'un poids connu de limaille de l'alliage à étudier, contenant environ $0^g,1$ d'étain, on ajoute de l'acide chlorhydrique, on fait bouillir le liquide, recouvert d'un entonnoir, pour réduire son volume à moitié, et l'on recommence l'addition d'acide et l'ébullition jusqu'à ce qu'une goutte de la dernière liqueur ne donne sensiblement plus le caractère de l'acide nitrique avec le sulfate de diphénylamine. On filtre alors à froid, si cela est nécessaire, et on lave le chlorure de plomb avec de l'acide chlorhydrique étendu. Au liquide filtré réuni aux eaux de lavage on ajoute progressivement de l'aluminium en tournure jusqu'à précipitation totale de l'étain et de l'antimoine. Après attaque complète de l'aluminium on rend le liquide très franchement chlorhydrique et l'on porte à l'ébullition de façon à dissoudre *tout* l'étain. S'il reste de l'antimoine, on filtre et on lave. L'addition au filtrat, joint aux eaux de lavage, de 50^{cm^3} de solution d'acide sélénieux à 2^g de SeO^2 par litre (pour $0^g,1$ d'étain) précipite du sélénium rouge, qu'une ébullition d'une durée suffisante transforme en sélénium noir. Après filtration sur creuset de Gooch ou sur double filtre, on lave, on sèche au-dessous de $100°$ et l'on pèse.

Cette méthode nous a fourni des résultats toujours concordants entre eux et correspondant à la composition, soit d'alliages étudiés dont l'analyse a été effectuée par une autre méthode, soit de solutions titrées, mis en expérience.

Dans le cas où l'alliage ne contient pas beaucoup de plomb, il est

commode d'en effectuer l'attaque par l'acide chlorhydrique ou l'acide bromhydrique contenant de 10 à 20 % de brome, ce qui évite l'emploi d'acide nitrique que l'on est ensuite obligé d'éliminer. On peut alors très facilement effectuer le dosage en une demi-journée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Formation des ferrites de nickel, de cobalt et de zinc à basse température.* Note de Mlle **Jacqueline Longuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avions montré [1] qu'un recuit à température élevée n'était pas indispensable à la formation de l'oxyde salin $Fe^2O^3.CuO$, à partir du sesquioxyde de fer et de l'oxyde de cuivre, et que cette réaction dans l'état solide pouvait se produire à la température de 100° en présence d'eau. Nous avons tenté de préparer par cette méthode une série d'autres composés du même type. Ce travail a porté sur les ferrites de nickel, de zinc, de cobalt, de magnésium, de baryum et de plomb.

Les ferrites de nickel, de cobalt et de zinc ont été préparés à partir des oxydes précipités simultanément et soumis à l'ébullition dans l'eau, dans les mêmes conditions que le ferrite de cuivre.

La combinaison entre les deux oxydes a été d'abord mise en évidence par voie chimique, en soumettant leur mélange à l'action du cyanure de potassium à 60° : celui-ci possède la propriété de dissoudre totalement les oxydes précipités des métaux divalents, sans attaquer l'oxyde de fer; or il n'est plus capable d'effectuer cette séparation après l'ébullition.

L'étude thermomagnétique que nous avons faite sur les composés obtenus indique que ceux-ci sont fortement magnétiques dans le cas du nickel et du cobalt, très faiblement dans le cas du zinc. La présence du ferrite de nickel est marquée par son point de Curie caractéristique à 590°. La courbe donnée par le composé $Fe^2O^3.CoO$ présente un point de Curie très étalé, et généralement à température plus basse à l'aller qu'au retour; plusieurs cycles successifs l'élèvent encore, et il tend alors vers la température normale de 520° [2]; ceci peut s'expliquer par l'état microcristallin du produit [3]. Quant au ferrite de zinc, il possède une suscep-

---

(1) H. Forestier et J. Longuet, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1729.

(2) J. Bénard, *Thèse*, Paris, 1939.

(3) André Michel et Marguerite Gallissot, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 140.

tibilité magnétique faible et donne une courbe superposable à celle du même corps préparé à haute température.

Enfin l'analyse aux rayons X, par la méthode de Debye-Sherrer, des corps ainsi obtenus, met en évidence les diagrammes de spinelle caractéristiques des ferrites de nickel, de zinc et de cobalt; ces diagrammes ont des raies élargies et un peu floues qui proviennent de la faible dimension des cristaux. En comparant le paramètre de $Fe^2O^3.CoO$ (8,33 Å), calculé sur nos diagrammes, avec celui de Co^3O^4 (8,05 Å) (²), nous avons vérifié que nous étions bien en présence de ferrite; on aurait pu craindre en effet que l'oxyde CoO, assez facilement oxydable, ne soit transformé à 100° en Co^3O^4 (également du type spinelle).

Pour les ferrites de magnésium, de baryum et de plomb, nous n'avons jamais obtenu de réaction, quelles qu'aient été les conditions de la préparation.

Par ailleurs, nous avons cherché à faire varier la température de formation en présence d'eau; dans le cas du nickel en particulier, la réaction est décelable après 72 heures à 60°; au-dessus de cette température, la vitesse augmente rapidement : en effet, après 8 heures à 80°, on peut constater un magnétisme intense. Nous avons opéré en tube scellé à 140°, 175° et 220°, et constaté que la vitesse de réaction croît de plus en plus vite lorsque la température s'élève. Les ferrites de zinc et de cobalt peuvent de même se former à partir de 60°, température au-dessous de laquelle la réactivité diminue très rapidement.

Cette étude nous permet de généraliser les résultats précédemment obtenus avec le ferrite de cuivre, en montrant qu'ils sont également valables pour les ferrites de nickel, de cobalt et de zinc. Elle constitue l'un des premiers exemples, à notre connaissance, de réactions entre phases solides, s'effectuant à des températures aussi basses. Le rôle de l'eau sera étudié en détail.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un cyclohexénylcyclohexène ou bicyclohexényle.* Note (¹) de M. ANDRÉ BERLANDE.

J'ai montré (²) que l'action, au voisinage de 0°, du 3.chloro ou bromocyclohexène-1, sur un composé organomagnésien dissous dans l'éther

(¹) Séance du 29 septembre 1941.

(²) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 437.

conduit à la préparation, avec un bon rendement, de carbures cyclohexéniques substitués en 3.

Les essais de préparation du magnésien de ces halogénures par la méthode habituelle, ou par le procédé de Gilmann et Mc Glumphy ([3]), se sont montrés infructueux. Si l'on utilise la méthode d'entraînement de Grignard, il se produit, en milieu éthéré, dès la température ordinaire, une réaction assez vive; mais, après hydrolyse, c'est un carbure de duplication, le bicyclohexényle, et non du cyclohexène que l'on isole.

La réaction d'échange du 3.chlorocyclohexène-1 avec le bromure d'éthylmagnésium



$$Cl{-}C^6H^9 + Br{-}Mg{-}C^2H^5 = Br{-}Mg{-}C^6H^9 + Cl{-}C^2H^5$$

est immédiatement suivie de la condensation



$$Br{-}Mg{-}C^6H^9 + Cl{-}C^6H^9 = Cl{-}Mg{-}Br + C^6H^9{-}C^6H^9.$$

Il y a en même temps production de 3.éthylcyclohexène-1; mais si l'on parvient à réduire cette dernière, en évitant par exemple un excès de bromure d'éthyle, et si l'on favorise la réaction d'échange, grâce à une légère élévation de température, on disposera d'une bonne méthode de préparation du bicyclohexényle.

Mode opératoire. — 8^g de magnésium sont mis en présence de 250^{cm^3} d'éther anhydre, auxquels on a ajouté 2^{cm^3} à 3^{cm^3} de bromure d'éthyle. Lorsque la formation du magnésien est nettement amorcée, on verse, peu à peu, un mélange de 30^g de 3.chlorocyclohexène-1 avec 15^g de bromure d'éthyle. On a soin d'agiter constamment et de modérer la réaction en refroidissant avec de l'eau glacée, lorsqu'elle tend à s'emballer. Après le traitement habituel, on recueille :

a. du cyclohexadiène-1-3. E 80°-80°,5.

b. du 3.éthylcyclohexène-1 (environ 15 %).

c. un carbure $C^{12}H^{18}$ (environ 75 %). Ce carbure distille à 127° sous 30^{mm}, à 236,5-237° sous la pression normale; d_{28} 0,924; n_{28} 1,5083.

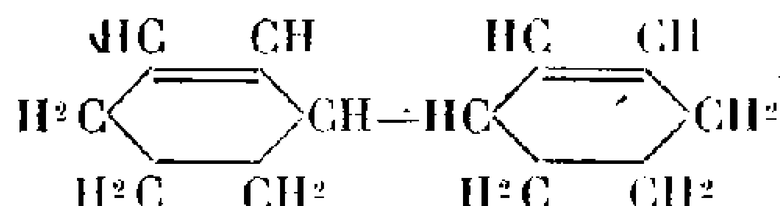
R. M. calc : 52°,28 (th., en admettant deux doubles liaisons, 52,31). Une détermination de masse moléculaire par cryométrie, avec le benzène comme solvant, donne 160 ($C^6H^9 - C^6H^9 = 162$). L'hydrogénation catalytique fournit du bicyclohexyle, E_{35} 135°; n_{28} 1,477.

([3]) *Bull. Soc. Chim.*, 43, 1928, p. 1322.

L'existence de deux doubles liaisons résulte de ce que ce carbure fixe, en solution chloroformique, à —10°, 2 at-g de brome par mol-g. Le dérivé tétrabromé obtenu, après recristallisation dans le cloroforme, fond à 189°-190°. Traité par l'éthylate de sodium, en solution dans l'alcool absolu, ce dérivé bromé fournit un tétrahydrobiphényle; E_{760} 239°; d_{26} 0,972; n_{26} 1,555.

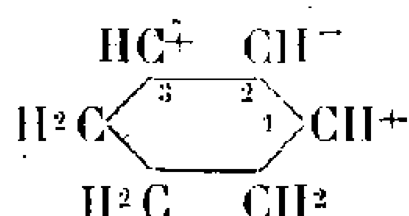
Par oxydation nitrique, le bicyclohexényle fournit un tétracide, soluble dans l'eau et fondant, après recristallisation dans un mélange d'acétone et de benzène, à 192-193°, avec décomposition. Cet acide est le dicarboxy-5.6 décanoïque-1.10, non signalé jusqu'ici.

Tous ces caractères, ainsi que le mode de formation de ce carbure, s'accordent avec la formule symétrique d'un bicyclohexényle ou cyclohexénylcyclohexène



d. Il reste, dans le ballon à distiller, une très faible quantité d'un liquide visqueux renfermant du chlore.

Les résultats obtenus dans la réaction magnésienne en ce qui concerne, en particulier, les deux produits essentiels, 3.éthylcyclohexène-1 et bicyclohexényle, s'interprètent aisément au moyen de la théorie ionique des réactions organiques. L'ionisation de l'halogène du 3.chlorocyclohexène-1, accompagnée ou précédée de celle de la double liaison, donne, comme dans le cas d'un chlorure allylique, un ion tripolaire



L'ionisation de Br—Mg—C^2H^5 fournit Br—Mg^+ et C^2H^{5-}.

1° La fixation de C^2H^{5-} en 1 ou en 3, produit un carbure unique, le 3.éthylcyclohexène-1, C^2H^5—C^6H^9.

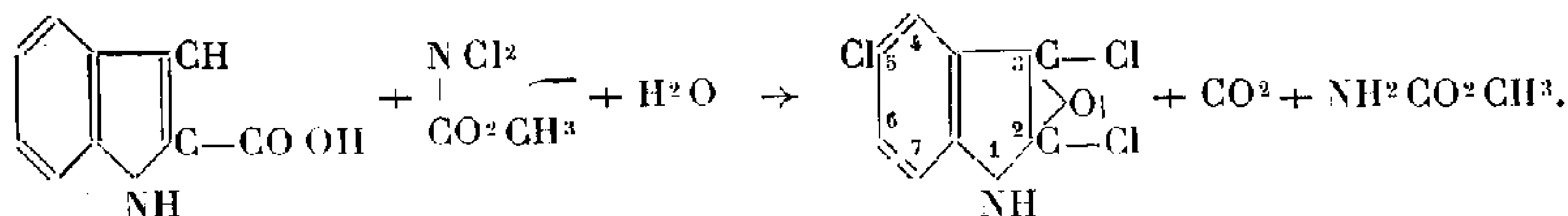
2° La réaction d'échange correspond à la transformation de C^2H^{5-} en C^2H^{5+}, le doublet libéré se fixant sur l'ion tripolaire pour donner un même ion tripolaire, mais avec des charges exactement inversées. La soudure de ces deux ions inverses fournit un carbure unique, le bicyclohexényle.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les N-dichlorocarbamates (réactions mixtes).* Note de MM. **Joseph Bougault** et **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons décrit (¹) un nouveau mode de préparation des N-dichlorocarbamates et indiqué que les réactions de ces composés se rattachent à trois types principaux : réactions d'addition et de chloration déjà décrites, réactions mixtes. L'objet de cette Note est de décrire quelques réactions dans lesquelles les N-dichlorocarbamates se comportent à la fois comme agent d'oxydation et de chloration.

Nous envisagerons l'action du N-dichlorocarbamate de méthyle : 1° sur l'acide α-indol-carbonique; 2° sur l'éther méthylique de ce même acide; 3° l'action du N-dichlorocarbamate d'éthyle sur le glycocolle.

1. Action du N-dichlorocarbamate de méthyle sur l'acide α-indolcarbonique. — Si l'on fait agir un léger excès de N-dichlorocarbamate de méthyle sur l'acide indolcarbonique en milieu acétique, le composé résultant possède un ensemble de propriétés paraissant justifier la formule



En effet :

a. Formule brute. — Les résultats de l'analyse élémentaire s'accordent avec cette représentation, ainsi que le poids moléculaire déterminé par cryoscopie dans l'acide acétique.

b. Constitution. — Les trois atomes de chlore ne sont pas de même nature.

1° Les deux atomes de chlore (2) et (3) sont assez mobiles et peuvent être remplacés par deux atomes d'hydrogène, soit par action de la poudre de zinc en milieu acétique, soit par action de l'iodure de potassium à chaud en milieu acétique



$$C^8H^4ONCl^3 + 4HI \rightarrow C^8H^6ONCl + 2I^2 + 2HCl.$$

Cette deuxième réaction, assez inattendue, permet de titrer iodométriquement ce composé.

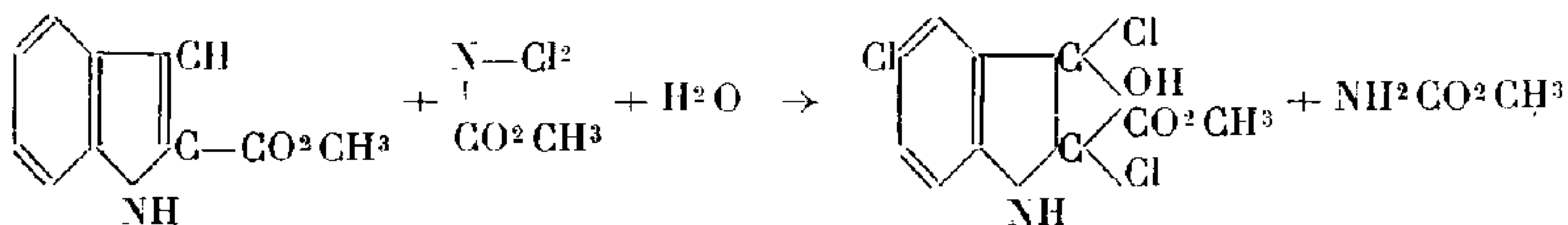
(¹) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 310 et 400.

Les produits de réduction obtenus dans ces deux réactions sont identiques et leur analyse s'accorde avec la formule proposée.

2° Le troisième atome de chlore résiste à ces traitements, il doit donc être fixé sur le noyau benzénique; sa position n'a pas été déterminée, la plus probable semble la position 5.

2. ACTION DU N-DICHLOROCARBAMATE DE MÉTHYLE SUR L'ÉTHER MÉTHYLIQUE DE L'ACIDE INDOLCARBONIQUE. — Traité en milieu acétique par le N-dichlorocarbamate de méthyle, l'éther méthylique de l'acide indolcarbonique réagit d'une façon comparable à celle de l'acide indolcarbonique; avec cette différence qu'il ne se produit pas de décarboxylation.

Pour des raisons identiques à celles déjà exposées, nous représentons cette action par les formules



L'action de l'iodure de potassium à chaud en milieu acétique révèle la présence d'un seul chlore actif :



$$C^9H^8O^3NCl^3 + 2HI \rightarrow C^9H^9O^3NCl^2 + I^2 + HCl.$$

3. *Action du N-dichlorocarbamate d'éthyle sur le glycocolle.* — L'action du N-dichlorocarbamate d'éthyle sur le glycocolle en milieu aqueux se traduit par une oxydation profonde de l'acide aminé l'amenant jusqu'au stade formol avec lequel le carbamate d'éthyle se combine pour donner le méthylène dicarbamate d'éthyle PF 130° qui, par hydrolyse, régénère le formol et l'uréthane :



$$COOH-CH^2-NH^2 + 2Cl^2NCO^2C^2H^5 \xrightarrow{H^2O} CH^2(NHCO^2C^2H^5)^2 + CO^2 + HCl.$$

Il s'agit là d'une oxydation suivie d'une combinaison des produits de la réaction.

COMPOSÉS NOUVEAUX PRÉPARÉS.

	F
$C^8H^4ONCl^3$, trichloro-2.3(5) époxy-2.3 dihydro-2.3 indole	188°
C^8H^6ONCl, chloro(5) époxy-2.3 dihydro-2.3 indole	192
$C^9H^8O^3NCl^3$, trichloro-2.3(5) hydroxy-3 carbométhoxy-2 dihydro-2.3 indole	184
$C^9H^9O^3NCl^2$, dichloro hydroxy-3 carbométhoxy-2 dihydro-2.3 indole	152

MINÉRALOGIE. — *Sur une argile adsorbante recueillie dans les cinérites rhyolitiques de la Bourboule (Puy-de-Dôme).* Note de M[lle] **Simonne Caillère.**

L'argile étudiée a été recueillie à la Bourboule au contact des cinérites inférieures et du granite et transmise au Muséum par M. P. Gautier. A une profondeur d'environ 7 mètres, on trouve cette argile dans les anfractuosités du granite sous forme d'une masse jaune brunâtre de consistance presque sirupeuse. Au sortir du gisement la teneur en eau hygroscopique de ce minéral est très importante et atteint 90,85 %.

L'examen microscopique de la cinérite montre qu'elle est formée par des débris très fins de ponces tubulaires ou bulleuses. Sur ce fond isotrope on observe de petits fragments de cristaux de quartz, d'orthose, un peu de plagioclase, quelques lamelles de biotite et de rares zircons. La texture de cette roche est celle d'un tuf remanié, formé de fragments volcaniques, de débris de granite soudés par des fils de verre enchevêtrés et par un produit d'altération jaune verdâtre biréfringent.

La composition chimique de cette cinérite est

SiO^2 63,53; Al^2O^3 14,81; Fe^2O^3 4,46; FeO 0,03; CaO 1,10; MgO 0,51; K^2O 4,57; Na^2O 1,04; H^2O^- 2,93; H^2O^+ 6,54; total 99,52.

Cette composition peut être interprétée par les paramètres magmatiques 1′, 3, 2, 2. Ceux-ci représentent un tuf rhyolitique dont la composition diffère de celles des tufs du Mont Dore étudiés par MM. A. Michel-Lévy et A. Lacroix (1) et caractérisés par une égale teneur en soude et en potasse. Cette différence est due à ce que le tuf examiné présente déjà un début d'altération, ainsi que le prouve en particulier la forte teneur en eau (9,47 %).

L'argile, après être restée plusieurs mois dans l'atmosphère du laboratoire, a perdu une notable proportion de son eau hygroscopique et, à ce moment, sa composition chimique est

SiO^2 14,72; Al^2O^3 4,20; Fe^2O^3 6,19; MgO 0,32; H^2O^- 72,02; H^2O^+ 2,55; total 100,00.

Après chauffage à 110°, le minéral devient un solide papyracé, brunâtre, et son aspect extérieur rappelle alors celui de la beidellite de Beidell, Colorado.

(1) *Comptes rendus*, 152, 1911, pp. 1200-1204.

Le rapport moléculaire de la silice à la somme du fer trivalent et de l'alumine est égal à 3, ce qui permettrait de penser que le minéral appartient bien au groupe de la beidellite-nontronite. Or, l'étude thermique différentielle effectuée, avec le dispositif de Saladin-Le Chatelier, sur le produit séché à 110°, met en évidence une courbe présentant trois crochets endothermiques à 120°, à 525°, à 700° et un phénomène exothermique, petit, mais net à 910°. D'après ces derniers résultats, le minéral étudié doit être considéré comme formé par un mélange. Les crochets à 525° et à 910° caractérisent une argile du groupe de la kaolinite-halloysite. Le phénomène endothermique se plaçant à 700° peut être attribué à la montmorillonite. La courbe thermique de cette dernière met en évidence, outre le départ de l'eau hygroscopique, deux inflexions endothermiques à 700° et à 850°. La deuxième inflexion (à 850°) disparaît dès que la teneur en montmorillonite du mélange est égale ou inférieure à 50 % ([2]). Or, si l'on calcule l'analyse chimique en admettant, dans l'argile étudiée, la présence de kaolinite et de montmorillonite et sans tenir compte de l'eau, on interprète d'une manière assez satisfaisante cette analyse et l'on obtient

11,10 % kaolinite; 14,50 % montmorillonite; 74,57 % eau; total 100,17 %.

Ceux-ci montrent que, dans le produit séché à l'étuve, la teneur en montmorillonite est bien d'environ 50 %, ce qui justifie parfaitement l'allure de la courbe.

L'examen microscopique d'une préparation de poudre confirme le diagnostic précédent et montre que l'argile est constituée en effet par l'association de deux minéraux cryptocristallins très intimement mélangés, dont les indices sont voisins et sensiblement égaux à 1,558.

L'un de ces minéraux, probablement la kaolinite-halloysite, possède un indice un peu plus elevé et une biréfringence plus faible que l'autre minéral.

On peut donc conclure que l'argile de la Bourboule est formée par de la montmorillonite et de la kaolinite; de plus la notable teneur en fer du mélange permet de penser que l'on est en présence des variétés ferrifères de ces minéraux.

D'autre part les propriétés adsorbantes tout à fait exceptionnelles du mélange sont très vraisemblablement dues à la montmorillonite.

([2]) J. Orcel et S. Caillère, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 774.

Quant à l'origine de cette argile, on doit l'attribuer à l'altération de la cinérite rhyolitique, ainsi que le montre le produit jaune brunâtre observé entre les fragments de ponces. Cette origine est d'ailleurs le mode de formation habituel des argiles à montmorillonite. Signalée d'abord par les minéralogistes américains, à l'occasion de l'étude des gisements de montmorillonite de Californie (³), elle a été précisée par M. J. de Lapparent dans ses travaux sur les montmorillonites nord-africaines (⁴).

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'une pénéplaine ancienne dans le Sud marocain.* Note (¹) de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai esquissé (²) l'histoire géologique du Sud marocain depuis la fin des temps primaires jusqu'à la transgression mésocrétacée. On connaît, d'autre part, grâce aux travaux de Roch, Moret et Neltner à l'Ouest, Dubar, Clariond et Menchikoff, ainsi qu'aux miens à l'Est, les allées et venues de la mer sénonienne et éocène à travers le Bassin atlasique. Dans la zone subatlasique méridionale, cette histoire se résume en une régression importante durant le Sénonien, lequel est représenté par des dépôts laguno-continentaux de couleur rose, et en une transgression qui débute généralement par le Maestrichtien-Danien franchement marin et se continue par les couches phosphatées et les calcaires à Thersités de l'Éocène (³).

Groupant ici quelques observations sur l'Anti-Atlas et les régions du Sud, je vais montrer qu'elles s'harmonisent avec l'histoire de la zone subatlasique indiquée ci-dessus.

Le fait le plus frappant et le plus général est la présence indéniable dans tout le Sud marocain d'une surface d'érosion plus ou moins bien conservée suivant les régions qui, par dessus l'Anti-Atlas, le Bani et l'Ouarkziz, allait se joindre à celle de la Hammada du Drâ. Comme toute pénéplaine, cette

(³) Cl. S. Ross et E. V. Shannon, *Journal of American Ceramic Society*, 9, 1926, p. 77.

(⁴) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 553.

(¹) Séance du 29 septembre 1941.

(²) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 439.

(³) E. Roch, *Mémoires du Service des Mines du Maroc*, 51, 1939, p. 272.

surface, que je vais appeler *surface hammadienne*, résulte tantôt du comblement d'un relief préexistant par des dépôts continentaux (région du Sud), tantôt de son aplanissement par l'érosion (Anti-Atlas). Elle est donc l'aboutissement ultime de la longue évolution continentale de la chaîne hercynienne, commencée à la fin de l'ère primaire.

Le Kreb (falaise) de la Hammada du Drâ montre une série continentale atteignant 100^m d'épaisseur, composée de marnes et de grès roses ou orangés, parfois accompagnés de conglomérats et couronnée par des calcaires lacustres à silex qui n'ont pas encore fourni de fossiles. C'est la *série hammadienne*.

La Hammada du Drâ surmonte, entre Zegdou et le méridien de Ktaoua, le plateau d'une autre Hammada d'âge Cénomano-Turonien. Des buttes-témoin de la série hammadienne, tels que Garet el Khadem, Beid er Ras etc., sont posées à la surface de cette hammada inférieure. Leur âge plus récent ne peut donc pas être mis en doute.

L'horizontalité de la Hammada du Drâ est presque parfaite. Seuls, certains éléments résistants du relief préhammadien arrivent à émerger au-dessus du plateau, et donnent des alignements de collines surbaissées. Décapés par l'érosion récente, ils conservent leur ancienne forme arasée et permettent la reconstitution de la surface hammadienne. Tel est le cas de l'Ouarkziz (calcaires dinantiens). Cette crête, célèbre par sa régularité, n'a pour ainsi dire pas de sommets et n'est franchissable que par de rares cols. A l'Est (Zemmoul), elle disparaît sous la Hammada qui la nivèle complètement.

Le Bani, quoique plus abîmé par l'érosion récente, est aussi d'une régularité frappante. Par suite de la résistance des quartzites ordoviciens qui le constituent, le Bani de l'époque hammadienne a échappé à l'arasion complète et s'élevait tout au moins localement au-dessus de la pénéplaine.

Les régions schisteuses qui alternent avec ces grandes lignes de relief (schistes acadiens, ordoviciens gothlandiens et dévoniens) ont été au contraire surcreusées, puis comblées par les dépôts continentaux.

Les dépôts continentaux n'arrivaient que jusqu'au pied sud de l'Anti-Atlas qui, constitué de roches résistantes et hétérogènes, s'est toujours élevé sous forme d'un massif sénile et surbaissé, parsemé de reliefs résiduels, au-dessus de la pénéplaine. La régularité de la surface d'arasion de ce massif, fort bien conservée dans les zones calcaires, est remarquable. Elle est une des caractéristiques de cette chaîne qui, dès qu'on s'en éloigne, ou dès qu'on s'élève, se présente sous forme d'un plateau continu.

L'évolution de la surface hammadienne a été interrompue par les premiers mouvements atlasiques tertiaires, appelés *phase* 4 par P. Fallot ([3]). Ils ont rehaussé la totalité de la chaîne hercynienne, tout en la déformant légèrement. La surface hammadienne a été gauchie ou même, par places, ondulée. Le lac hammadien, où s'est déposé le calcaire de la Hammada, cessa d'exister et un nouveau cycle d'érosion commença.

Comme dans la zone subatlasique méridionale, cette déformation de la surface hammadienne est antérieure au dépôt de l'Oligo-Miocène. En effet, ces terrains continentaux, essentiellement conglomératiques, très développés dans la région de Ouarzazate et s'avançant loin à l'intérieur de l'Anti-Atlas (jusqu'à proximité d'Aït Saoun), se trouvent, malgré l'altitude qu'ils peuvent atteindre, invariablement en contrebas de la surface hammadienne. Ils comblent les dépressions d'un relief résultant du nouveau cycle d'érosion déclenché par les premiers mouvements tertiaires.

Le long du pied sud du Haut-Atlas, ces mêmes mouvements ont affecté la série phosphatée éocène et ont déterminé le retrait de la mer à phosphates. Ici aussi, l'Oligo-Miocène envahit, en contrebas des plateaux éocènes, un relief creusé par la phase d'érosion qui a suivi le retrait de la mer et par conséquent la phase orogénique qui l'a provoqué.

Cette similitude et le synchronisme des faits observables de part et d'autre de l'Anti-Atlas permettent, avec beaucoup de vraisemblance et malgré l'absence de fossiles dans les calcaires de la Hammada du Drâ, de mettre ceux-ci, provisoirement, en parallèle avec les couches à phosphate et de *tenir pour éocène l'âge de la pénéplaine qu'on retrouve à travers tout le Sud marocain.*

GÉOLOGIE DYNAMIQUE. — *Intervention des phénomènes thermiques dans quelques applications géologiques de la théorie de l'élasticité.* Note ([1]) de M. **Pierre Despujols**, présentée par M. Charles Jacob.

Une Note précédente ([2]) a étudié l'origine et l'extension des failles et des filons, sans que toutefois l'explication donnée de l'origine des filons ait tenu compte des réactions élastiques provoquées par la température du magma.

([3]) *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 556 et 648.

([1]) Séance du 9 septembre 1941.

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 441.

Quand les parois d'une cavité sont portées à une température qui dépasse de t degrés la température extérieure, les couches internes sont gênées dans leur dilatation par les couches externes moins chaudes, et il en résulte, sur un élément de surface normale à la paroi, une pression que nous avons calculée dans les cas de la galerie circulaire, de la sphère et du paraboloïde de révolution; on peut en retenir que, si l'épaisseur des terrains est assez grande par rapport aux rayons de courbure de la cavité, la pression est de l'ordre de $3\mu\delta t$ en régime permanent, μ étant le module de rigidité et δ le coefficient de dilatation linéaire de la roche. La pression est plus élevée quand le régime permanent n'est pas atteint.

Si l'on prend pour δ et pour μ les valeurs 8×10^{-6} et $2,3 \times 10^{-5}$, on voit qu'un écart de température de 100° produit une pression de 550^{kg} par centimètre carré.

Considérons une cavité sphérique remplie, à 5000^{m} de profondeur, d'un fluide à 500°, soit 350° de plus que le degré géothermique. La tension due à la pesanteur est de 800^{kg} pour une densité de 2,7 et la tension due à la pression du fluide, de 675^{kg}, si cette pression correspond au poids des terrains; la pression due à la température est de 2000^{kg} au moins. Dans le cas du paraboloïde les deux tensions seraient respectivement de 450 et 1800^{kg}. Ayant extrapolé largement, nous ne donnons ces chiffres que pour fixer les idées, et pour montrer que l'effet de la température peut l'emporter sur les effets combinés de la pesanteur et de la pression.

Pour saisir ce qui peut se passer dans cette hypothèse, il nous faut sortir du domaine de l'élasticité pure et tenir compte du *facteur géologique temps*, générateur des déformations permanentes.

La nature, qui nous présente d'innombrables exemples de couches déformées ou rompues, ou de couches broyées par le mouvement, n'en offre guère de couches désagrégées et pulvérisées par un excès statique de pression. On peut donc admettre, en première analyse, que l'aboutissement normal de la pression, ou de la compression, est la déformation permanente, tandis que celui de la tension, ou de la dilatation, est la rupture. La déformation permanente tend à réduire les pressions internes excessives, et elle y parvient quand ces pressions sont dues à une cause interne, telle que les effets des écarts de température; un état élastique nouveau se constitue, tel qu'en aucun point la pression ne dépasse une valeur limite, fonction des données du problème et du temps. Il en va autrement quand les pressions ont une cause externe, pesanteur, action d'un fluide sur les parois, parce qu'alors la cause subsiste malgré la déformation.

Or une cavité ne se forme pas d'un seul coup. Le creusement, l'échauffement des terrains progressent avec lenteur, et les déformations permanentes

ont tout le temps de se produire. Sur un élément de surface parallèle à la paroi, la pression subsiste nécessairement, mais sur un élément normal à la paroi elle s'atténue, le cas échéant, par l'effet des déformations. Quant à la tension, dès qu'elle est sensible, elle provoque la rupture.

Le cas d'une force tangentielle considérable ne se réalise probablement pas dans la pratique; à notre avis, il ne peut y avoir, parallèlement à la surface, que de faibles tensions ou de faibles compressions.

L'existence de forces tangentielles modérées entraîne une discontinuité entre l'état élastique des premières couches du toit et celui des premières couches magmatiques, lesquelles font prise dans un milieu soumis à la pression hydrostatique. Quand le refroidissement se produit ou que ces couches de première consolidation se déforment dans le sens d'une diminution des forces tangentielles, le toit suit d'abord, entre en tension et finit par se rompre. Les couches magmatiques, supportant alors le poids des terrains et la pression du fluide, se rompent à leur tour et les fluides internes sont injectés.

Tel nous paraît être le mécanisme de la naissance des filons dans le cas où l'effet de la température est prépondérant.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Lumière diffusée en avant par une goutte de brouillard.* Note (¹) de M. **Jean Bricard**, présentée par M. Charles Maurain.

Nous nous sommes proposé de déterminer, au Sommet du Puy de Dôme, l'intensité lumineuse diffusée par une goutte de brouillard dans une direction faisant un angle compris entre 10° et 50° avec la direction de propagation du faisceau parallèle éclairant la goutte.

La méthode employée et déjà décrite (²) consiste à utiliser cinq tubes de 2^{cm} de diamètre environ et de longueur variable, noircis et diaphragmés intérieurement, placés dans le brouillard, dont les axes, situés dans un plan contenant l'axe du faisceau cylindrique de 25^{cm} de diamètre, font entre eux un angle de 10° et convergent en un point de cet axe. A l'extrémité de chaque tube opposée au faisceau se trouve une chambre photographique pouvant recevoir des clichés de $4,5 \times 6^{cm}$, qui sont exposés

(¹) Séance du 29 septembre 1941.

(²) *Ann. de Phys.*, 11ᵉ série, 14, 1940, p. 187.

ensemble à la lumière diffusée par le brouillard; les mesures ont lieu la nuit.

Ce dispositif ne faisant intervenir qu'une faible épaisseur de brouillard, dont l'absorption est négligeable, l'éclairement E de chaque plaque photographique prend la forme

$$E = \frac{k\alpha^2 i}{\sin\theta};$$

α, angle que font entre eux les rayons lumineux extrêmes pouvant pénétrer dans chaque tube et vus du centre du cliché;
i, intensité lumineuse diffusée par une goutte dans une direction faisant angle θ avec celle du faisceau incident;
k, un coefficient indépendant de θ,

relation qui donne i en valeurs relatives en fonction de θ et de E, déterminé par la méthode photographique.

L'éclairement E diminue très rapidement lorsque l'angle θ augmente; afin d'utiliser le maximun de sensibilité de l'émulsion panchromatique employée, on a diaphragmé les tubes de la façon suivante :

θ	10°	20°	30°	40°	50°
α	3,3/500	3,7/250	5/250	5/250	7,3/250

(α désigne le rapport du diamètre du diaphragme d'entrée à la longueur totale du tube, l'un et l'autre exprimés en millimètres).

Résultats. — Nous avons fait une dizaine de séries de clichés, correspondant à des nuages dont les gouttes avaient un rayon moyen compris entre 4^μ et 8^μ. Afin que ces résultats soient comparables entre eux, nous avons pris pour unité l'intensité lumineuse diffusée sous un angle de 10° avec la direction de propagation du faisceau éclairant; les chiffres ci-dessous représentent la moyenne des valeurs relatives correspondant à chaque direction :

θ	10°	20°	30°	40°	50°
i	1,00	0,50	0,33	0,20	0,16

Étant donné les conditions dans lesquelles on est obligé d'opérer, il est difficile d'apprécier l'erreur que l'on commet sur ces mesures; cependant, si l'on compare entre elles les valeurs relatives obtenues dans l'ensemble pour une direction déterminée, on constate qu'à 8 et 10 % près la répartition de la lumière diffusée est indépendante du rayon moyen des gouttelettes correspondantes.

Conclusion. — Ces résultats, joints à ceux que nous avons obtenus pour l'intensité diffusée latéralement ([2]), puis en arrière ([3]), déterminent la répartition de l'intensité lumineuse diffusée par de telles gouttes d'eau observées sous des angles compris entre 10° et 170° avec la direction de propagation du faisceau éclairant. Plusieurs auteurs se sont proposé de calculer cette répartition : on peut comparer entre eux les résultats qu'ils ont obtenus, en prenant pour commune valeur l'intensité diffusée dans la direction de propagation du faisceau, et rapprocher de cet ensemble les valeurs expérimentales que nous avons trouvées; après un premier examen, nous sommes conduit aux conclusions suivantes :

1° Si l'on fait coïncider la courbe expérimentale avec la courbe théorique de Wiener ([4]), obtenue en supposant que les gouttes se comportent comme des lentilles sphériques, et tenant compte de la lumière ayant subi trois réflexions successives à l'intérieur de celles-ci, on constate que le calcul de Wiener, valable en toute rigueur dans le cas de l'approximation de Gauss, représente les phénomènes de façon satisfaisante pour des valeurs de l'angle θ comprises entre 10° et 40°.

2° Dans les mêmes conditions, la représentation donnée par Skoulejkin ([5]) à partir des relations de Mie ([6]), et pour des valeurs du rayon R des gouttes et de la longueur d'onde λ telles que $2\pi R/\lambda = 3$, se rapproche de l'expérience pour des valeurs de l'angle θ comprises entre 20 et 110°. Il est à noter cependant que les calculs entrepris par Paranjepe, Naik et Vaidya ([7]) à partir des mêmes relations et pour des gouttes telles que $2\pi R/\lambda = 30$, c'est-à-dire de dimensions beaucoup plus voisines de celles qui correspondent à nos mesures, s'en éloignent bien davantage.

3° Pour des valeurs de θ supérieures à 110°, les valeurs expérimentales s'éloignent des deux représentations précédentes, et à partir de 140°, jusqu'à 170°, suivent la répartition donnée par l'approximation de Skoulejkin (*loc. cit.*, p. 319), appliquant les lois de la réflexion et de la réfraction à des sphères dont le rayon est très grand devant la longueur

---

([3]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 137.

([4]) *Abhandl. der Kaiserl. Leopöld-Carol. Deutsch. Akad. der Naturforscher*, 73, 1907, p. 28.

([5]) *Phil. Mag.*, 6e série, 48, 1924, p. 313.

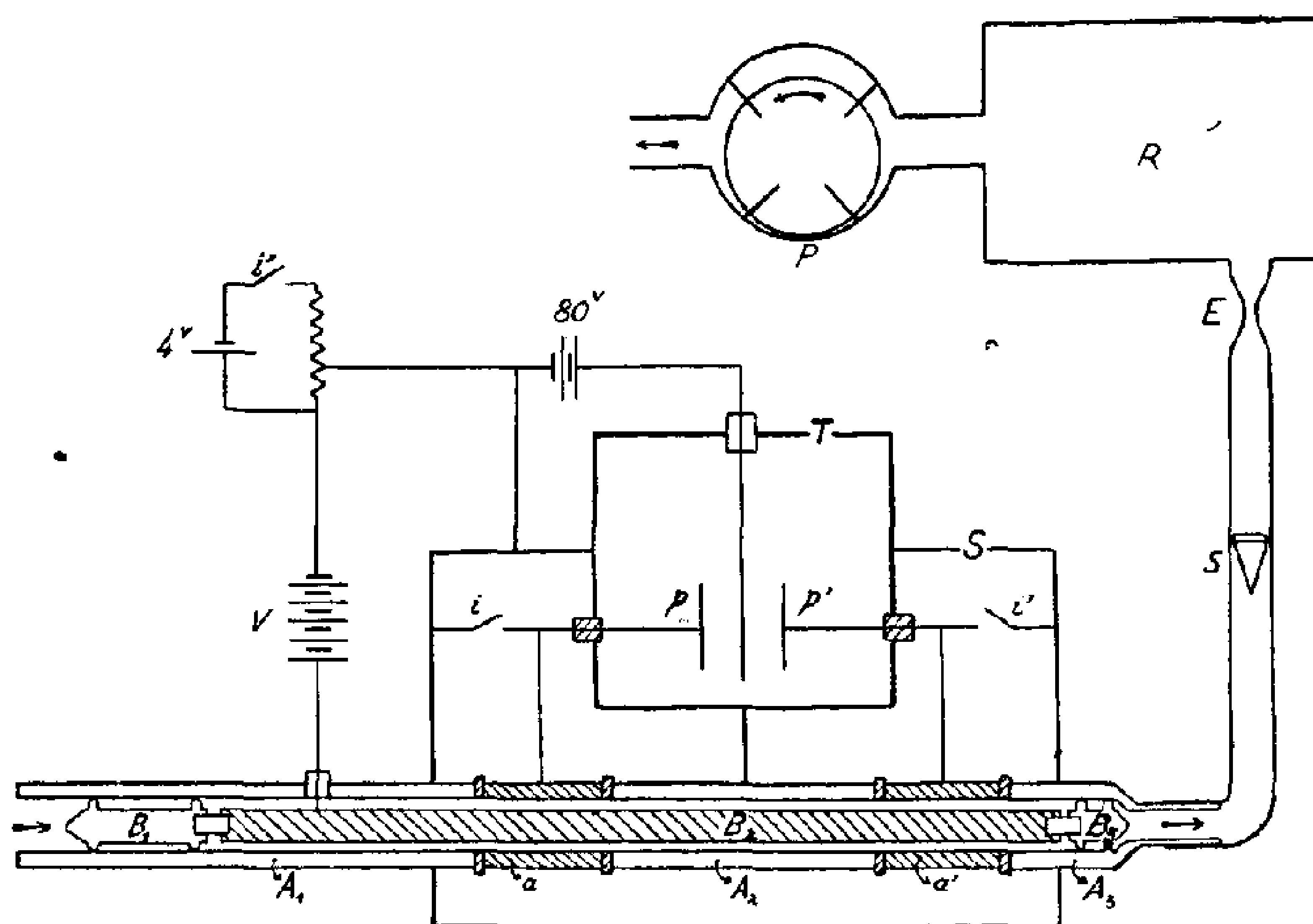
([6]) *Ann. der Phys.*, 25, 1908, p. 377.

([7]) *Proc. Indian Acad. of Sc.*, série A, 9, 1939, p. 333.

d'onde de la lumière, et complétée en tenant compte de la lumière réfléchie à l'intérieur des gouttes.

ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE. — *Étude du spectre de mobilité des gros ions atmosphériques*. Note [1] de M. **Paul Queney**, présentée par M. Charles Maurain.

Le principe de l'appareil de mesure a déjà été décrit ailleurs [2]; la figure représente sa réalisation actuelle obtenue à la suite d'une récente mise au point. Il se compose de deux tubes de laiton coaxiaux $A_1 A_3$ et $B_1 B_3$, laissant entre eux un espace annulaire à travers lequel l'air à analyser est aspiré avec un débit constant D, mesuré au moyen du spiro-



mètre *s*; l'aspiration est obtenue par la pompe à palettes P suivie du réservoir régulateur R (200 litres) et de l'étranglement réglable E qui détermine dans R une dépression de 6 à 8^{cm} de mercure. Le débit reste constant à $1/100^e$ près; il ne doit pas dépasser la valeur critique $D_c \# 1600\,\nu d$ (ν, viscosité cinématique de l'air; d, diamètre moyen de

(1) Séance du 29 septembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1523, dernier paragraphe; *Revue Scientifique*, 77, 1939, p. 621; *Congrès de Washington*, 1939, document 78.

l'espace annulaire) à partir de laquelle l'écoulement risque de devenir turbulent. Les deux segments a et a' du tube extérieur, identiques, sont isolés des autres par des colliers d'ambroïne (tout autre isolant essayé s'est montré inutilisable) et reliés respectivement aux deux plateaux p et p' d'un électromètre unifilaire de Wulf, les deux systèmes ainsi formés pouvant être mis au sol par la manœuvre des contacts i et i'; le segment principal B_2 du tube intérieur est porté au potentiel V, pouvant atteindre 600 volts, par des batteries d'accumulateurs; ce potentiel peut être modifié d'une petite quantité ΔV par la manœuvre du contact i''; enfin les autres segments B_1, A_1, A_2, A_3, B_3, ainsi que la cage T et le blindage S, sont reliés au sol.

On règle la position des plateaux de l'électromètre de façon à ce que le fil ne dévie pas lorsqu'on ferme i'', les contacts i et i' étant ouverts, ce qui a pour effet d'induire des charges égales à $c\Delta V$ sur a et a' (c, coefficient d'influence de B_2 sur a ou a'); l'appareil est alors équilibré vis-à-vis des fluctuations de V et de l'ionisation permanente, et pour les faibles valeurs la déviation x de l'électromètre est proportionnelle à la différence q entre les charges reçues par a et a' respectivement : $x = \alpha q$. Si, d'autre part, on ferme i'', un seul des contacts i ou i' étant ouvert, on obtient une déviation qui permet de déterminer la sensibilité α.

Au début d'une mesure les systèmes ap et $a'p'$ sont mis au sol, puis isolés, et l'on mesure la déviation x lorsqu'un volume d'air déterminé U est passé dans l'appareil; cette déviation correspond à la décharge des ions du signe de V qui ont atteint a et a' en quantités inégales sous l'effet du champ électrique de l'espace annulaire, et dont les mobilités sont comprises entre les deux limites extrêmes

$$\mu = \frac{D}{4\pi CV}, \qquad \mu' = \frac{D}{4\pi C'V},$$

C et C′ désignant les coefficients d'influence de B_2 sur les ensembles $B_1 + A_1$ et $B_1 + A_1 + a + A_2 + a'$ respectivement (on peut d'ailleurs négliger B_1 dans ces ensembles); le rapport constant $\rho = C'/C$ de ces deux mobilités détermine la largeur de la bande spectrale ainsi explorée, et l'on voit que, pour explorer le spectre entier, il suffit de donner au rapport D/V les valeurs successives d'une progression géométrique de raison ρ. La mesure de x permet une détermination approximative de la répartition spectrale, d'autant plus exacte que ρ est plus voisin de l'unité (on est limité dans ce sens par la sensibilité de l'électromètre); si l'on admet que la densité spectrale des ions est uniforme dans toute la bande (μ, μ'), on

trouve en effet, pour le nombre N d'ions par unité de volume qui sont contenus dans cette bande,

$$N = \frac{\lambda}{\alpha U e} x, \qquad \lambda = \frac{2(C+c)(C'-c)(C'-C)}{c(C'-C-c)(C'+C)},$$

e étant la charge d'un ion.

Données numériques relatives à l'appareil. — Espace annulaire, diamètre moyen d $1^{cm},5$; épaisseur $0^{cm},2$. Longueurs des segments (cm), A_1 27,7; a 12,9; A_2 12,1; B_2 59,2. Capacités, C' 100^{cm}; c 24^{cm}; ρ 3; λ 4,26. Débit critique, D_c 20 litres/min.

Résultats de mesures. — Près de Clermont-Ferrand, le 5 septembre 1941, de $7^h 20^m$ à $7^h 37^m$ (série A), de $9^h 10^m$ à $9^h 22^m$ (série B) et de 10^h à $10^h 14^m$ (série C) :

U 20 litres; $1/\alpha$ $1,7.10^{-5}$ u. e. s. par division; $\lambda/\alpha U e$ $7,6.10^2$ cm^{-3};

V		13	40	120	360	360	volts
D		18	18	18	18	6	litres/min
$1/\mu$		19	56	167	502	1507	sec volts/cm²
$1/\mu'$		56	167	502	1507	4522	sec volts/cm²
$N.10^{-2}$	A	2	2	8	23	27	cm^{-3}
	B	2	5	15	11	9	cm^{-3}
	C	1	2	5	8	5	cm^{-3}

La disparition progressive des gros ions, ce jour-là, semble liée au renforcement du vent dans la matinée.

PALÉOBOTANIQUE. — *Remarques sur l'organisation générale des Clepsydropsis.* Note (¹) de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

L'organisation générale des *Clepsydropsis* (Filicales primitives) est très semblable à celle du *Thamnopteris* (Osmondacée permienne). Elle en diffère essentiellement parce que chez les *Clepsydropsis* il s'intercale des *phyllophores* entre le stipe et les pétioles.

La description du *Cl. kirgisica* Stenzel est due à B. Sahni (*Phil. Trans. R. Soc. London*, B, 218, 1930, p. 447). J'ai moi-même figuré la structure des phyllophores de *Cl. excelsa* P. B. et de *Cl. exigua* P. B. et celle des pétioles de *Cl. excelsa* (1912, 1935).

La stèle caulinaire (*fig.* 1 et 2) est constituée par une épaisse couronne

(¹) Séance du 6 octobre 1941.

de trachéides scalariformes, à différenciation centrifuge. Cette couronne est lobée à la périphérie en raison du départ des masses sortantes (*traces*

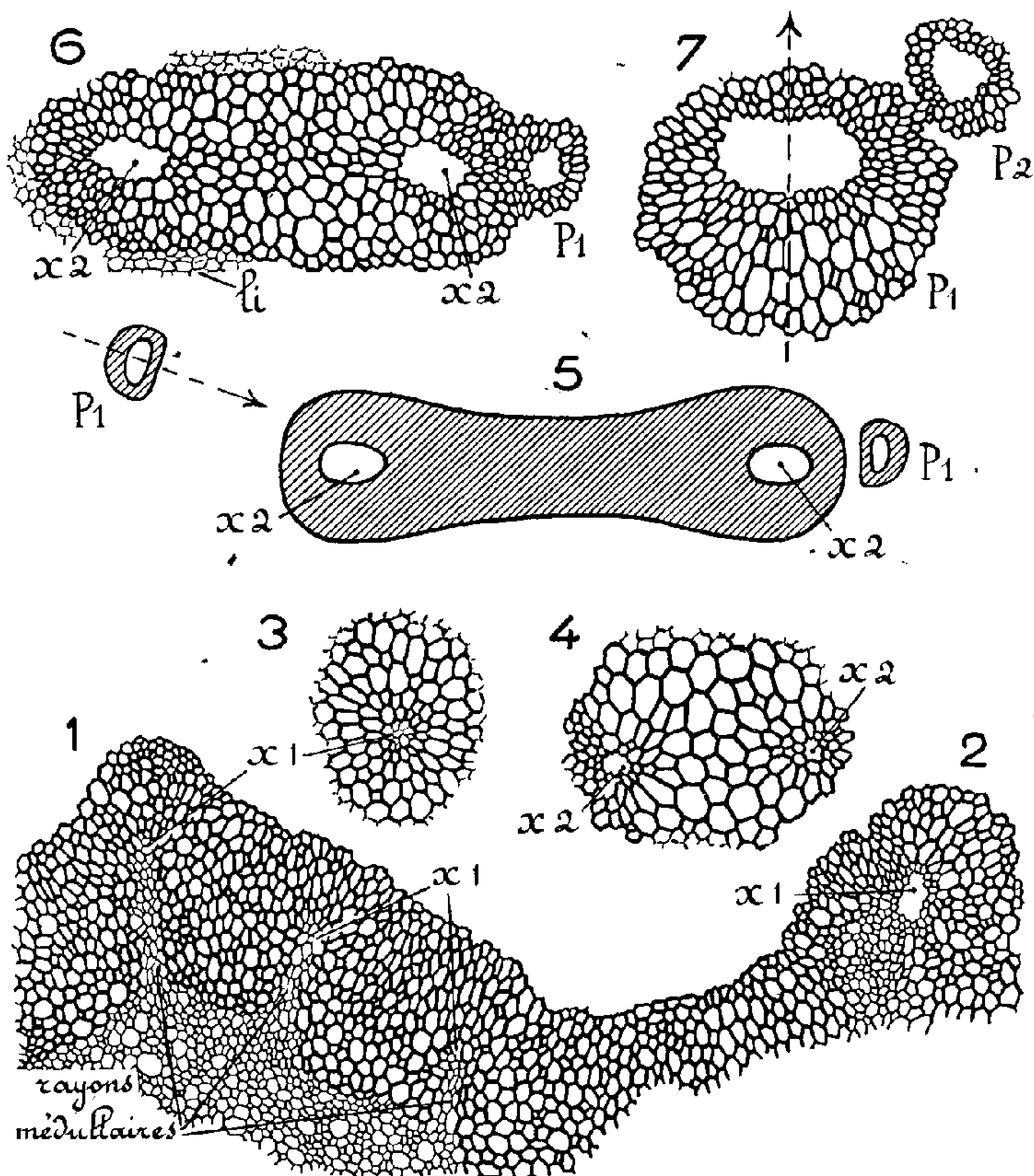


Fig. 1 à 5. — *Clepsydropsis kirgisica*, dessiné d'après les planches originales de B. Sahni. 1 à 5, traces raméales coupées à des niveaux de plus en plus élevés. x_1, x_1, pôles sortants; x_2, x_2, faisceaux tubulaires du phyllophore; P_1, P_1, faisceaux tubulaires destinés aux pétioles.

Fig. 6. — Phyllophore de *Clepsydropsis exigua*. *li*, liber.

Fig. 7. — Pétiole de *Cl, excelsa*. P_1, faisceau pétiolaire tubulaire; P_2, tube destiné à un pétiole secondaire.

raméales). A chaque trace correspond un rayon médullaire étroit dont le fond est occupé par les éléments de protoxylème destinés à la sortie. L'origine profonde des pôles sortants x_1, x_1 est aussi évidente que chez

Asterochlæna laxa (P. Bertrand, 1912), qui est extrêmement voisin de *Cl. kirgisica*.

L'anatomie comparée des stipes de Clepsydracées a montré que leur stèle caulinaire est issue directement d'une protostèle à bois centrifuge, qui s'est dilatée et lobée chez *Clepsydropsis*, plissée en long chez *Ankyropteris*, *Austroclepsys* et *Asterochlæna* (B. Sahni, 1930, p. 463), tandis que les éléments centraux demeuraient parenchymateux.

La masse ligneuse destinée au phyllophore est pourvue d'un pôle central $x1$, qui se divise en deux (états 1 à 4). Ceux-ci s'écartent l'un de l'autre et prennent l'aspect tubulaire, d'où la forme en clepsydre ou bitubulaire (*fig.* 5).

Chaque pétiole reçoit du phyllophore un faisceau tubulaire P1, à bois centrifuge, qui adopte bientôt la structure dorsiventrale et la symétrie bilatérale (*fig.* 5, 6 et 7), évolution pareille à celle des traces foliaires de *Thamnopteris*.

Au total *trois organes différents, trois évolutions différentes*. Pourtant c'est le stipe qui engendre le phyllophore, et c'est le phyllophore qui engendre le pétiole. Mais, chaque fois que la plante se ramifie et produit un nouvel organe, elle recommence son ontogénie en partant toujours de la protostèle à pôle central ou du faisceau tubulaire à bois centrifuge avec liber concentrique au bois ([2]). Même fait chez *Tetrastichia* (*Comptes rendus*, 213, 1941, p. 143).

Remarques. — 1° C'est la structure du phyllophore des *Clepsydropsis* (*fig.* 5 et 6) que M. E. Boureau (*Thèse*, 1938) a découverte dans l'axe hypocotylé des Cupressacées. Pour l'expliquer il a recours à des hypothèses auxiliaires : structure *pseudo-alterne*, structure *pseudo-excentrique*, *liber superposé indirect*; elles s'évanouissent devant l'évidence des faits apportés par les plantes fossiles : dans les tiges et dans les pétioles des Fougères et des Phanérogames le liber a toujours été concentrique et superposé au bois.

2° Je dois faire observer que certains exemplaires du *Tetrastichia bupatides* sont pourvus d'un bois secondaire très épais, sans que cela modifie en rien la structure de leurs bois primaire (Gordon, 1938, pl. VI, *fig.* 42 et 43). La distinction que M. Boureau ([3]) veut établir entre les faisceaux mésarches du *Tetrastichia* et ceux des trois autres Ptéridospermes (*Calamopitys*,

([2]) Cette règle s'applique à toutes les Ptéridospermes et à toutes les Fougères anciennes ou primitives.

([3]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 294-296.

Lyginopteris et *Heterangium*) n'est pas démontrée. Tous ces faisceaux mésarches sont en réalité des faisceaux primitifs à structure centrique, qui ont pris l'aspect excentrique par hypertrophie de la partie centripète de leur bois primaire.

AGRONOMIE. — *Sur un procédé général de dissolution des ciments pectiques intercellulaires et son application au dégommage des fibres textiles.* Note de M. **Charles Primot**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Nous avons mis au point un procédé général de dissolution des éléments pectiques qui unissent entre elles les cellules des Végétaux verts : notre point de départ est le fait que le calcium paraît jouer un rôle important dans la constitution de ces ciments : ceux-ci seraient en effet constitués d'un composé pectique, associé, sous une forme encore mal déterminée, avec du calcium (à l'état de pectate de calcium, d'après la plupart des auteurs); nous avons donc pensé que la désintégration du ciment pourrait être obtenue en privant ce dernier du calcium qu'il retient naturellement.

Pour obtenir ce résultat, il nous a paru que le procédé le plus direct serait de traiter les tissus par une solution d'un sel soluble dont l'anion forme, à chaud et à froid, ou même à chaud seulement, avec le cation Ca^{++} une combinaison extrêmement peu soluble et dont le ou les cations forment, au contraire, avec l'élément organique du ciment, une combinaison soluble; on doit ainsi obtenir, à coup sûr, grâce à une double décomposition, l'élimination totale ou presque totale du calcium des membranes. Les sels susceptibles de produire cet effet sont les fluorure, arséniate, citrate et oxalate de cations monovalents (K^+, Na^+, $(NH^4)^+$ etc.); on peut prévoir, en outre, que les phosphates des mêmes cations permettent, mais à un moindre degré [en raison des caractères particuliers des phosphates alcalins [1]], d'obtenir un résultat analogue; enfin l'ion $(CO^3)^{--}$, étant extrêmement instable, ne paraît pas, *a priori*, convenir pour de telles expériences, malgré la relative insolubilité du carbonate de calcium.

Nous avons soumis ces prévisions au contrôle de l'expérience. Nous avons choisi, dans ce but, un matériel particulièrement commode, se prêtant à des essais précis et présentant, d'autre part, un intérêt spécial du point de vue des applications : les fibres cellulosiques du Lin, de la Ramie et de l'Ortie dioïque. Les tiges sèches ou fraîches de ces plantes, ou

(1) Les phosphates alcalins sont hydrolysés dans une proportion plus grande que les arséniates.

les filasses (Ramie) résultant d'une décortication manuelle ou mécanique ont été traitées par des solutions des sels précédemment énumérés, et contenant, dans de l'eau distillée ou de l'eau de pluie, de 0,5 à 2 % du produit. Les résultats obtenus confirment intégralement les prévisions; la réaction est particulièrement rapide à l'ébullition : en moins de 15 minutes, à cette température, les fibres de la tige herbacée du Lin sont entièrement séparées des autres tissus de la tige, dont tous les parenchymes sont désagrégés; en moins de 90 minutes, les fibres de la tige entière de Ramie, protégées par un liège épais, sont aussi complètement dégagées; pour obtenir le même résultat à partir de la filasse de Ramie, dans laquelle les fibres ne sont pas protégées, un traitement de 5 minutes est suffisant. Les meilleurs résultats sont obtenus au moyen des citrates, des fluorures et des oxalates; les arséniates sont très efficaces mais agissent plus lentement; le traitement par les phosphates est beaucoup moins aisé et conduit à des résultats moins complets; les carbonates sont inefficaces. Les fibres peuvent être ainsi entièrement séparées et se présentent, après lavage et teillage, sous l'aspect d'écheveaux très souples, particulièrement brillants après les traitements citratés. Nous avons vérifié que le pH des solutions actives est voisin de la neutralité; par conséquent, la membrane cellulosique ne peut être, en aucune manière, altérée par ces traitements : ceux-ci agissent *avec spécificité*, sur le ciment pectique,

Nos recherches nous paraissent offrir un double intérêt. *D'une part*, d'un point de vue physiologique général, elles soulignent le grand rôle du calcium en tant qu'agent *insolubilisant* : dans le ciment intercellulaire, le calcium joue un rôle insolubilisant *spécifique*, en association intime ou en combinaison avec le substratum pectique (²); on comprend ainsi la néces-

(²) Le fait que sont réellement efficaces les sels choisis théoriquement dans l'hypothèse d'un mécanisme de double décomposition est un argument à l'appui de la conception d'après laquelle les ciments pectiques des plantes vertes sont des pectates de calcium. Le calcium déplaçable par un sel alcalin ou alcalinoterreux à radical acide quelconque (Devaux, *Comptes rendus*, 162, 1916, p. 561 et *Proc. Verb. Soc. Sc. Ph. et Nat. de Bordeaux*, 27 janvier 1916) n'a rien de commun avec le calcium spécifiquement enlevé par notre technique et dont le départ provoque la séparation des cellules. Mangin (*Journ. de Bot.*, 7, 1893, p. 338) avait préconisé les « sels ammoniacaux à acides organiques (oxalate, citrate etc.) » comme dissolvants de l'acide pectique; cette seule citation, et aussi le fait que l'auteur propose également, comme dissolvants possibles, les alcalis, les sels alcalins, les savons etc., montre que la possibilité de dissoudre les ciments pectiques par double décomposition n'avait même pas été aperçue par ce savant.

sité du calcium pour les Végétaux verts [3], à paroi celluloso-pectique, alors que cet élément parait inutile aux Champignons, dont les parois présentent une autre constitution. On remarquera, de plus, que les sels permettant la dissociation des cellules végétales (citrates, oxalates, fluorures) sont ceux qui empêchent la coagulation du sang, par un mécanisme évidemment analogue; on sait aussi que l'on obtient la dissociation des blastomères dans les jeunes embryons d'animaux marins au moyen du traitement par de l'eau de mer privée de calcium (méthode de Herbst). *D'autre part,* d'un point de vue pratique, nos recherches font connaître un procédé simple, général et peu coûteux, de dégommage des fibres textiles.

CHIMIE AGRICOLE. — *Méthode simplifiée de détermination de la capacité d'échange des sols.* Note de M. **Geza Austerweil**, présentée par M. Maurice Javillier.

On considère la quantité d'ions échangeables d'un sol comme l'une de ses caractéristiques importantes. Il faut toutefois remarquer que la teneur d'un sol en ions déplaçables n'est pas, en soi, une caractéristique suffisante; il est nécessaire d'y ajouter un chiffre qui indique la *facilité* du déplacement de ces ions échangeables, c'est-à-dire de leur mobilité. En effet, on ne peut pas ne pas tenir compte du fait qu'un certain sol, en contact par exemple avec des ions K d'un engrais potassique, échange, équiv.-gr. pour équiv. gr., 0,4 équiv.-gr. de sa teneur en ions mobiles contre les ions K, alors que tel autre sol, ayant le même nombre d'ions échangeables, échange 0,6 équiv.-gr. Cette *mobilité* d'ions déplaçables d'un échangeur est caractérisée par le *coefficient d'échange* [1].

Pour définir la nouvelle méthode de détermination de ces deux constantes : teneur en ions mobiles et coefficient d'échange, nous rappellerons

---

[3] Pringsheim (*Planta*, 2, 1926, p. 555), reprenant au moyen de méthodes plus précises, des recherches antérieures de Loew, a étudié les besoins en calcium de quelques Algues vertes (par exemple en essayant de les cultiver dans des solutions privées de calcium, par addition d'oxalate ou de fluorure de sodium). Nous remarquerons que les Algues indiquées par Pringsheim comme pouvant vivre sans calcium sont *toutes* unicellulaires ou à thalle dissociable par simple agitation (*Chlorella, Stichococcus, Hormidium* etc.).

[1] *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1013.

que l'échange d'ions est assimilable à un phénomène d'extraction, phénomène qui se résume dans son expression, par l'équation d'extraction suivante : si E est la fraction proche de l'unité d'un équiv.-gr. d'un ion mobile déplacé par n équiv.-gr. d'un autre ion en solution (avec échange), la relation entre le coefficient d'échange a et la quantité de l'ion extrait est

$$(1 - \mathrm{E}) = (1 - a)^n$$

et, si l'extraction est répétée successivement avec x équiv.-gr. d'ions, on aura

$$x(1 - \mathrm{E}) = (1 - a)^{n+x-1}$$

et, si ces x ions successifs n'agissent pas sur *un*, mais sur y équiv.-gr. d'ions mobiles de l'échangeur, on aura

$$x(1 - \mathrm{E}) = (1 - a)^{\frac{n+x-1}{n+y}},$$

équation qui détermine la fonction entre l'échangeur, c'est-à-dire le sol, et l'échangé, c'est-à-dire la solution, en ce qui concerne leurs ions respectifs ayant réagi, et qui a la forme simplifiée

$$x = f(y) = (1 - a)^{\frac{x'}{y'}}.$$

Ce n'est que l'équation d'une *percolation*, représentant la variation de la teneur de l'ion échangé d'une solution percolant à travers une colonne contenant des ions échangeables. Elle est représentée par une courbe exponentielle avec tangente d'inversion, dont la partie concave par rapport aux axes de coordonnés représente la part de l'extraction, où prévaut le pouvoir extractif du percolé, et la partie convexe, à partir du point d'inversion, celle où prévaut le pouvoir extractif du percolant.

Il a déjà été démontré ([2]) expérimentalement que la courbe indiquant la variation de la teneur en ions échangeables du percolé, est la *dérivée* de la courbe de la même variation dans le percolant, c'est-à-dire $x = f(y)$ pour le percolant, $\mathrm{X} = \mathrm{F}(y)$ pour le percolé; d'où $dx = \mathrm{F}(y)\,dy$. On en déduit $dx/x = \mathrm{F}(y)\,dy/f(y)$, ce qui donne $d\ln x = \mathrm{F}(y)\,dy/f(y)$ et, ceci intégré, $\ln x + k = \ln f(y) = x'/y'[\ln(1 - a)]$, d'où $x = \mathrm{K}(1 - a)^{x'/y'}$, ce qui représente une série géométrique dont x est la somme. Pour un nombre infini de membres, cette somme est

$$x = \mathrm{S} = \frac{\mathrm{A}}{1 - \mathrm{Q}},$$

([2]) *Bull. Soc. Chim. de Fr.*, 6, 1939, p. 58, fig. 3.

ce qui veut dire que l'on peut exprimer la teneur du percolant en ions déplaçables sous forme d'une somme des membres d'une série géométrique que forme la valeur décroissante de son ion échangeant dans le percolé. Il suffit de connaître deux données de cette série pour en calculer la raison Q, et, avec la raison, la somme de la série, si l'on en connaît le premier élément, A.

On a trouvé que, si l'on procède par simple percolation, pour déterminer les ions déplaçables d'un sol, il y a des causes d'erreur dues à la contexture physique du sol, qui peut se déliter, ou se gonfler d'une façon irrégulière. On a donc adopté la méthode de Gedroiz d'extractions successives, en décantant totalement ou partiellement le liquide extracteur constitué par un sel ionisé. Ceci correspond à une percolation dans laquelle un tampon de sol, le percolant, traverse une colonne de liquide, le percolé, et ceci par tranches que l'on prélève totalement ou partiellement pour analyse. Puisque, d'après ce qui précède, le dosage des ions dans le percolé permet de calculer rapidement la teneur ionique du percolant, nous pourrons, par dosage de l'ion échangeable dans deux extraits successifs, déterminer la teneur totale en ions échangeables d'un sol; c'est la somme d'une série géométrique dont le premier membre est le montant du premier dosage, et le quotient entre le deuxième et le premier dosage, la raison; pour plus de sécurité, on peut faire trois déterminations et prendre pour la raison Q de ladite série, la moyenne qui résulte des deux quotients.

Ainsi on a pu trouver, en recalculant sous forme d'équiv.-gr., les résultats publiés par MM. Jonescu et Stancovici [3] pour un échantillon de sol qu'ils ont soumis à 72 extractions successives en le secouant avec des solutions de $ClNH^4/10$, et en prenant les trois premiers dosages de ces auteurs, auxquels on a appliqué la méthode de calcul ci-dessus, une teneur totale de ce sol en ions mobiles exprimés en CaO, de $689^{mg}/100^g$, tandis que les 72 dosages indiquaient 642^{mg} (différence due au calcul d'un nombre infini de membres de la série au lieu de 72 membres dosés).

En prenant une glauconie de Montierramé, chaulée, d'une teneur de $2^g,14$ Ca/kg en ions échangeables, et faisant l'extraction de 20^g de cet échangeur avec 40^{cm^3} de ClK/10 pour déplacer le Ca, et répétant cette extraction trois fois en essorant entre chaque opération l'échantillon, on a trouvé 1° $0^g,0272$ Ca = 1,36 milliéquiv.; 2° $0^g,0099$ Ca = 0,496 milli-

(3) *Ibid.*, p. 156 et suiv.

équiv., et 3° $0^g,0036$ Ca = 0,18 milliéquiv. d'ions déplaçables, ce qui correspond, en appliquant à ces chiffres la méthode de calcul ci-dessus, à 2^g17 Ca/kg contre $2^g,14$/kg trouvés par percolation directe.

Pour la détermination du coefficient d'échange, on applique la formule ordinaire de répartition, qui est, par définition, si a est le coefficient d'échange,

$$X/Y = \frac{X/A}{Y/B}\,[(1-a)/a],$$

où A et B sont les quantités d'ions mises en œuvre, en équiv.-gr., et X et Y les quantités de ces ions trouvées dans le liquide à l'équilibre, après réaction. Pour la glauconie sus-indiquée, on avait trouvé préalablement par la méthode directe $a = 0,56$. Puisque la somme de la série sus-visée donne la somme des ions du percolant mis en œuvre, c'est-à-dire B, et qu'on a mis en œuvre 4 milliéquiv.-gr. de solution (40^{cm^3} de ClK/10) = A, on peut se servir, pour X et Y, des données du premier dosage, qui donne directement Y et d'où X = 4 — Y en milliéquiv. On obtient ainsi pour le coefficient d'échange 0,556, ce qui est une bonne confirmation de l'exactitude de la méthode.

La séance est levée à 15^h55^m.

A. Lx.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SEANCE DU LUNDI 20 OCTOBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Sur la quantité des eaux pluviales à écouler dans les agglomérations urbaines modernes.* Note (¹) de M. **ALBERT CAQUOT.**

Le problème de l'écoulement des eaux pluviales lors des grands orages est un des plus délicats à résoudre en raison des multiples variables dont il dépend. Les travaux d'art correspondants sont très importants et constituent une part essentielle du capital à engager pour l'urbanisation correcte et l'hygiène des zones habitées.

A la base du calcul se trouve une appréciation de la probabilité des causes qu'il convient de mettre en relief.

Les ouvrages d'art sont en effet établis d'après l'intensité des précipitations des violents orages, et cette intensité est d'autant plus grande que la période probable envisagée entre deux cas consécutifs d'insuffisance du réseau d'écoulement sera plus longue.

Il n'a été fait à notre connaissance aucune synthèse d'ensemble de cette question dont l'état actuel, d'après les études effectuées dans les différents pays, a été récemment bien exposé par M. Pierre Koch (²).

La présente étude a pour but de proposer aux ingénieurs des bases de calcul fondées sur nos connaissances théoriques et expérimentales, en introduisant la notion essentielle de probabilité dans ces phénomènes connus par des mesures directes de pluviométrie.

(¹) Séance du 13 octobre 1941.

(²) *Assainissement des agglomérations*, Paris, 3, 1937.

Hauteur d'eau et durée d'une averse. — Une étude très documentée du Chef du service météorologique de Paris, M. Louis Besson, nous donne pour plus d'un demi-siècle, dans la région parisienne, les données d'observation nécessaires pour nous permettre d'établir les lois numériques du ruissellement ([3]).

Pour une même probabilité, la hauteur totale H d'une averse violente en un point donné augmente avec la durée T de celle-ci, tandis que l'intensité moyenne, définie par H/T, varie en sens inverse de cette durée.

L'intensité instantanée dH/dT atteint son maximum peu après le début de l'averse, et décroît ensuite lentement.

Débit du ruissellement sur une surface donnée. — D'après les observations la chute de pluie violente atteint son maximum en un point central, à un instant donné, et elle diminue quand on s'éloigne de ce centre.

Mais les observations ne nous permettent pas de grouper les éléments essentiels du phénomène, les pluviomètres enregistreurs synchronisés étant trop peu nombreux.

Le centre de l'orage se déplaçant par la vitesse du vent, les pluviomètres en tous points ne donnent qu'une valeur d'ensemble dont les causes ne sont pas séparées.

Les indications sommaires données par Frühling sur les observations de Breslau ne sont pas en concordance avec les cartes des courbes de niveau des hauteurs de pluie, ou courbes isohyètes des orages dans la région de Paris.

Nous savons seulement que le volume d'eau qui tombe sur une région entre deux instants donnés n'est pas proportionnel à la surface. Si nous représentons celle-ci, en hectares, par A, nous pourrons écrire que le volume d'eau par minute, en mètres cubes, égale $10\,\mathrm{H}\,\mathrm{A}\,\alpha$, le coefficient α, inférieur à 1, diminuant quand A augmente.

Effet de capacité du réseau et des zones de réception. — Considérons le réseau d'écoulement au moment de son fonctionnement maximum, réseau plein. Le débit à cet instant correspond exactement au volume tombé dans l'unité de temps, tandis que le volume tombé antérieurement a servi à la fois à l'écoulement, au remplissage des canalisations, et enfin à l'humidification de toutes les surfaces du bassin de réception, la capacité correspondante pouvant être très grande s'il s'agit de terrains perméables.

([3]) *Annales des Services techniques d'hygiène de la Ville de Paris*, 13, 1932, p. 195.

Par suite de la variation de l'intensité des orages en fonction du temps, cette intensité étant maximum au début, le débit à assurer par le réseau s'établit après l'utilisation de sa capacité et de celle du bassin de réception.

Une évaluation satisfaisante de la capacité des voies d'écoulement peut se faire à partir du temps nécessaire à l'écoulement à travers le réseau.

Si t_1 est le temps moyen, convenablement défini, nécessaire au parcours des canalisations dans la zone envisagée et q le débit maximum du réseau, en mètres cubes par seconde, la capacité de l'ensemble des canalisations du réseau est égale à qt_1. Cette capacité s'ajoute à celle du bassin versant, une première partie des eaux étant d'autre part dérivée vers la nappe aquifère, et une seconde partie évaporée, en raison des quantités de chaleur fournies par les surfaces chaudes recevant la pluie.

La capacité dont il convient de tenir compte dans l'écoulement à assurer par le réseau se compensera ainsi des quatre éléments suivants :

qt_1 pour les voies d'écoulement du réseau,

V_1 pour l'ensemble des capacités en dérivation sur les voies d'écoulement, telles que les regards et chambres de visite,

qt_2 pour les voies d'écoulement des surfaces de réception au réseau, canalisations des immeubles et des cours, t_2 étant le temps moyen nécessaire au parcours dans ces canalisations et caniveaux,

V_2 pour les capacités en dérivation sur ces voies d'écoulement des surfaces de réception.

V_1 et V_2 s'ajoutent pour déterminer le volume des eaux retardées qui ne circuleront qu'après le maximum de débit.

A l'origine de l'averse le débit du réseau est nul, puis s'élève rapidement pour atteindre le maximum q, de telle sorte que le débit moyen dans cette période de temps T est βq, β étant un coefficient inférieur à 1 et voisin de 0,85 dans les orages violents.

Le volume d'eau tombé au moment du débit maximum q à l'extrémité du réseau envisagé est égal, d'après ce qui précède, à 10α HA; il se retrouve d'une part dans le volume des eaux retardées, déversées et évaporées, dont nous représenterons la fraction par γ, d'autre part dans le volume du réseau $q(t_1 + T_2)$, et enfin dans le volume écoulé par le réseau βqT, ou, en tenant compte des unités,

$$\frac{1}{6}\alpha \mathrm{HA}(1-\gamma) = q(t_1 + t_2) + q\beta \mathrm{T} = q(t_1 + t_2 + \beta \mathrm{T}).$$

Évaluation des temps d'écoulement t_1 et t_2. — L'écoulement se fait confor-

mément aux formules classiques. Compte tenu de la rugosité des parois et des dimensions des canalisations, nous avons reconnu que la formule correspondant le mieux aux conditions réalisées était

$$u = 60\,R^{\frac{3}{4}}I^{\frac{1}{2}},$$

dans laquelle u est la vitesse en mètres par seconde, R le rayon moyen hydraulique en mètres et I la pente.

Quant à la section, elle est, dans les formes employées, voisine de $14\,R^2$, ce qui donne pour débit q en mètres cubes par seconde

$$q = 840\,R^{2,75}I^{0,5},$$

R est inconnu, en l'éliminant nous trouvons

$$u = 9,55\,I^{\frac{4}{11}}q^{\frac{3}{11}}.$$

Si nous considérons un collecteur, le débit maximum variant avec la longueur linéairement de zéro à q, la vitesse moyenne atteint les $8/11^e$ de la vitesse maximum.

Considérons un bassin allongé, d'allongement 3 environ ; le parcours total est voisin en mètres de

$$L = 195\sqrt{A},$$

et le temps de parcours à la vitesse ci-dessus sera en minutes

$$t_1 = \frac{L}{u} = 0,468\,A^{\frac{1}{2}}I^{-\frac{4}{11}}q^{-\frac{3}{11}}.$$

Quant au temps t_2, les observations des Ingénieurs américains nous font connaître qu'il varie de 2 à 20 minutes. Les temps les plus faibles correspondent aux terrains à forte pente. C'est pourquoi nous proposons pour ce terme correctif la valeur $I^{-4/11}$, qui donne 2,32 minutes pour $I = 0,10$ dans un terrain à très forte pente, et 12 H pour $I = 0,001$ dans un terrain à très faible pente. Cette donnée est légèrement pessimiste, ainsi qu'il convient dans de telles prévisions. Bref, nous déterminons $t_1 + t_2$ par l'équation

$$t_1 + t_2 = I^{-\frac{4}{11}}\left(1 + 0,468\,A^{\frac{1}{2}}q^{-\frac{3}{11}}\right),$$

la parenthèse variant de 2 à 10, l'expression s'éloigne peu de

$$t_1 + t_2 = I^{-\frac{4}{11}}A^{-\frac{11}{30}}q^{0,2} \times 1,09.$$

Débit maximum en fonction de la fréquence. — La formule donnée plus

haut, pour relier H et q, peut s'écrire

$$\frac{1}{6}\,\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta}\,\mathrm{HA} = q\left(\mathrm{T}+\frac{t_1+t_2}{\beta}\right),$$

le débit q dépend donc de l'averse par le quotient $\mathrm{H}/\mathrm{T}+\theta$ en donnant par définition à θ la valeur $(t_1+t_2)/\beta$.

Nous avons formé pour chaque averse figurée sur les tableaux de l'article précité de M. Louis Besson les valeurs numériques de $\mathrm{H}/\mathrm{T}+\theta$, en donnant à θ une série de valeurs de 4 à 64 miuutes, et nous avons étudié la fréquence en fonction de la grandeur de $\mathrm{H}/\mathrm{T}+\theta$.

Nous avons pu ainsi représenter la fréquence F par semaine, des averses donnant un résultat au moins supérieur à une valeur donnée de $\mathrm{H}/\mathrm{T}+\theta$ par l'expression

$$\mathrm{F} = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\int_z^\infty e^{-z^2}\,dz,$$

qui représente une courbe de Gauss, mais dans laquelle

$$z = 1{,}32 + 1{,}8\log\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{T}+\theta} + 0{,}6\log\theta.$$

Le phénomène suit donc la loi de l'Effet proportionnel, qui rend si bien compte de la fréquence des crues, et qui a été définie pour la première fois par Gibrat (¹) et utilisée par lui sur les crues de la Truyère.

Nous déduisons de là que

$$\frac{\mathrm{H}}{\mathrm{T}+\theta} = \theta^{-\frac{1}{3}}\,10^{\frac{z}{1{,}8}-0{,}703},$$

d'où, en reportant dans les équations précédentes,

$$\frac{1}{6}\,\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta}\,\theta^{-\frac{1}{3}}\,10^{\left(\frac{z}{1{,}8}-0{,}703\right)}\times\mathrm{A} = q,$$

$$\frac{1}{6}\,\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta}\,10^{\frac{z}{1{,}8}-0{,}703}\,\beta^{\frac{1}{3}}\,\mathrm{I}^{\frac{4}{33}}\,\mathrm{A}^{\frac{79}{90}}\,q^{0{,}0667}\times 1{,}03 = q,$$

$$\frac{1}{6}\,\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta^{\frac{2}{3}}}\,10^{\frac{z}{1{,}8}-0{,}703}\,\mathrm{I}^{\frac{4}{33}}\,\mathrm{A}^{\frac{79}{90}}\times 1{,}03 = q^{\frac{14}{15}},$$

$$\left[\frac{1{,}03}{6}\,\frac{\alpha(1-\gamma)}{\beta^{\frac{2}{3}}}\right]^{\frac{15}{14}}\,10^{\frac{z}{1{,}68}-0{,}75}\,\mathrm{I}^{0{,}13}\,\mathrm{A}^{\frac{79}{84}} = q.$$

(¹) *Des inégalités économiques, la loi de l'Effet proportionnel.* Paris, 1931.

Nous avons vu que nous pouvons prendre $\beta = 0,85$ et que α, voisin de 1 pour de faibles surfaces, diminue avec la grandeur de celles-ci.

Il suffit de lui donner la valeur $\alpha = A^{-0,178}$ pour retrouver la formule de Burkli-Ziegler où q est proportionnel à $A^{3/4}$, mais nous connaissons en plus l'influence de I et de la fréquence, q s'écrit donc

$$q = 0,170 \times 10^{\frac{z}{1,68} - 0,75} I^{0,13} A^{0,75} (1 - \gamma)^{\frac{15}{14}}.$$

Évaluation du coefficient de perte. — La quantité d'eau retardée ou dérivée dépend essentiellement de l'urbanisation.

En étudiant les îlots urbains pour différentes villes, nous avons trouvé que le rayon moyen des îlots $2A/L$, où L est la longueur des rues en hectomètres, dans la surface A en hectares, ce rayon moyen définit l'étendue relative des surfaces imperméabilisées et par conséquent le coefficient de perte.

Dans la construction des vieilles villes, on trouve exceptionnellement des îlots entièrement imperméabilisés pour lesquels $2A/L = 0,54$, il convient alors de prendre $1 - \gamma = 0,9$, les seules pertes étant par évaporation et humidification des toitures et cours.

Dans les quartiers modernes, avec $2A/L = 1,30$, nous trouvons des espaces libres importants et nous prévoyons $1 - \gamma = 0,48$.

Dans les quartiers résidentiels, les cités-jardins, $2A/L$ variant de 2 à 2,7, nous évaluons le coefficient $1 - \gamma$ à 0,32.

Bref, ces valeurs nous permettent d'écrire

$$(1 - \gamma)^{\frac{15}{14}} = 0,56 \left(\frac{2A}{L}\right)^{-\frac{3}{4}}$$

et la formule précédente devient, en substituant cette valeur,

$$q = 0,0566 \times 10^{\frac{z}{1,68} - 0,75} I^{0,13} L^{0,75}.$$

Cette forme simple caractérise bien le fait que l'imperméabilisation du bassin a pour cause le développement des rues.

En choisissant pour le calcul la fréquence de 10 ans, $z = 2,045$, les insuffisances étant séparées par cette période probable.

Nous écrirons simplement $q = K L^{3/4}$; q étant cette fois en litres par seconde, K aura les valeurs suivantes en fonction de la pente moyenne des

canalisations.

I........	0,001	0,002	0,005	0,01	0,02	0,05	0,10
K........	67	73	83	91	99	113	123

Si nous voulons choisir une autre période, nous n'aurons qu'à multiplier K par le facteur représentant la variation en fonction de 1/52F en années, période P probable entre deux insuffisances.

λ se déduit à vue du tableau suivant.

P.....	50	20	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
λ......	1,58	1,24	1	0,8	0,57	0,45	0,34	0,215	0,142	0,071

Application de la formule $q = K\lambda L^{3/4}$. — q est en litres par seconde et L en hectomètres. Nous pouvons tracer sur un ruban une échelle fonctionnelle qui appliquée directement sur le plan pour chaque rue, donne le débit à prévoir en chaque point à partir de l'origine.

Lorsque des canalisations convergent, le débit au confluent est pris égal à la somme des débits d'amont. Le ruban est déplacé pour correspondre, à ce confluent, au débit totalisé, et sa lecture à l'aval donne les débits successifs jusqu'au confluent suivant où la même opération se renouvelle.

Cette méthode a pour résultat d'augmenter le débit pour une même surface A quand l'allongement du bassin diminue, ce qui est conforme à l'effet correspondant du phénomène de capacité, et l'application reste correcte.

Le ruban pourra être aussi établi une fois pour toutes pour $K\lambda = 100$, et le coefficient de proportionnalité pour chaque quartier de la ville sera déduit d'après la pente des canalisations en application du tableau ci-dessus.

Le coefficient λ sera en général constant, sauf pour les collecteurs, après les déversoirs d'orage, en fonction de la valeur fixée pour P dans ces organes.

La méthode de calcul est donc d'application très simple. Elle est immédiate, sans tâtonnement et suit le parcours de la canalisation.

Il convient évidemment d'ajouter aux débits urbains ainsi déterminés les débits des ruisseaux à leur entrée dans la zone urbaine, ceux-ci étant évalués par la pluviométrie ou les observations directes, le calcul se faisant ensuite par le ruban fonctionnel.

La grande variation de λ, déduite du tableau ci-dessus, montre l'importance de la période d'insuffisance P choisie. Le tableau de λ pourra servir également à déterminer le débit du ruisseau, à prendre en compte, d'après la durée des observations dont on dispose.

M. **Charles Pérez** fait hommage à l'Académie d'un Mémoire qu'il vient de publier sous le titre *Recherches sur les Rhizocéphales. I. Rameau récurrent et formations ovariennes des racines chez le « Peltogaster paguri »*.

M. **Lucien Cuénot** fait hommage à l'Académie de son Ouvrage intitulé *Invention et finalité en biologie*.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'intégration des équations d'Einstein.* Note (¹) de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

1. *Le problème des conditions initiales* (²). — Dans l'espace de Riemann représentatif d'un univers relativiste, considérons un domaine à quatre dimensions qui ne soit traversé par aucune forme d'énergie. La métrique correspondante

$$ds^2 = g_{\alpha\beta}\, dx^\alpha\, dx^\beta \qquad (\alpha, \beta \text{ et tout indice grec} = 1, 2, 3, 4)$$

satisfait dans le domaine aux équations d'Einstein du cas extérieur

$$(1) \qquad S_{\alpha\beta} \equiv R_{\alpha\beta} - \frac{1}{2} g_{\alpha\beta} R = 0.$$

Sur une hypersurface S définie par l'équation $x^4 = 0$, donnons-nous les valeurs des potentiels $g_{\alpha\beta}$ et de leurs dérivées premières $\partial_4 g_{\alpha\beta}$ et cherchons à déterminer le champ de gravitation extérieur correspondant dans tout son domaine d'existence. On sait (³) que, relativement à l'hypersurface S, les équations (1) peuvent être partagées en deux groupes :

$$(2) \qquad S_{ij} = 0 \qquad (i, j \text{ et tout indice latin} = 1, 2, 3);$$

$$(3) \qquad S_\alpha^4 = 0.$$

Les potentiels $g_{\alpha\beta}$ doivent satisfaire dans tout le domaine d'espace-temps considéré au système hyperbolique défini par le premier groupe. Le

---

(¹) Séance du 6 octobre 1941.

(²) Les notations sont celles de mon livre, *Problèmes globaux en mécanique relativiste*, Paris, 1939.

(³) Cf. Élie Cartan, *Bull. Soc. math. de France*, 59, 1931, p. 88-118; Lichnerowicz, *op. cit.*, p. 14-18.

second, s'il est vérifié sur S, où il ne fait intervenir que les données de Cauchy, est alors vérifié partout. Le problème de l'intégration des équations d'Einstein se divise ainsi en deux problèmes : le premier, appelé problème des conditions initiales ([4]), consiste dans la recherche de données de Cauchy satisfaisant aux équations (3). Le second est l'étude de l'évolution dans le temps des potentiels correspondants.

II. *Conditions initiales portées par une variété minima.* — Sans nuire à la généralité, on peut toujours supposer qu'à l'espace-temps extérieur considéré correspond l'élément linéaire orthogonal

$$ds^2 = V^2(dx^4)^2 + g_{ij}\, dx^i\, dx^j,$$

la forme quadratique admettant les g_{ij} pour coefficients étant définie négative. Introduisons le tenseur d'espace Ω_{ij} défini sur S par les équations

$$\Omega_{ij} = \frac{1}{2V}\,\partial_4 g_{ij}, \qquad \Omega^{ij} = g^{ih} g^{jk} \Omega_{hk}, \qquad K = g_{ij}\Omega^{ij}, \qquad H^2 = g_{ih} g_{jk} \Omega^{ij} \Omega^{hk}$$

et désignons par $\overline{R}$ la courbure scalaire de S. Avec ces notations, les équations (3) peuvent être mise sous la forme

$$(4a)\qquad \nabla_j[\Omega^{ij} - g^{ij} K] = 0,$$

$$(4b)\qquad \overline{R} + K^2 - H^2 = 0.$$

Nous nous proposons d'intégrer les équations (4) dans l'hypothèse où la variété S est minima pour l'élément linéaire considéré ([5]). Cette hypothèse nous conduit à adjoindre aux équations (4) la condition

$$(5)\qquad K = 0.$$

A cet effet, donnons-nous arbitrairement sur S un élément linéaire tridimensionnel $(ds^*)^2 = g^*_{ij}\, dx^i\, dx^j$, et posons

$$g_{ij} = e^{2\theta} g^*_{ij}, \qquad \Omega^{ij} = e^{-6\theta} \Pi^{ij},$$

θ désignant une fonction inconnue des x^i. Le système des équations (4) et (5) se décompose alors entre les deux groupes d'équations

$$(6a)\qquad \nabla^*_j[\Pi^{ij}] = 0, \qquad g^*_{ij}\Pi^{ij} = 0.$$

$$(6b)\qquad -g^{ij*}\,\partial_{ij}\theta + a^{ij}\,\partial_i\theta\,\partial_j\theta + b^i\,\partial_i\theta + c = -e^{-4\theta} L^2.$$

([4]) RACINE, *Le problème des n corps dans la théorie de la relativité*, Paris, 1934.

([5]) L'importance de ces variétés minima a été mise en évidence par Racine (*op. cit.*, p. 49) et par l'auteur (*Bull. des Sc. math.*, 2e série, 65, 1941, p. 9).

Dans ces équations, ∇_j^* désigne l'opérateur de dérivation covariante de la métrique $(ds^*)^2$, les quantités a^{ij}, b^i, c sont des fonctions régulières ne dépendant que des g_{ij}^* et le scalaire L^2 est donné par la relation

$$L^2 = g_{ih}^* g_{jk}^* \Pi^{ij} \Pi^{hk}.$$

Soit $x^3 = 0$ la frontière d'un domaine Δ à 3 dimensions de S et donnons-nous arbitrairement dans ce domaine les composantes Π^{11} et Π^{22}. De la connaissance sur la frontière de Δ des composantes Π^{13}, Π^{23} et Π^{33} on déduit, par intégration du système ($6a$), les valeurs dans Δ de toutes les composantes du tenseur Π^{ij}. Nous sommes alors ramenés à intégrer l'équation ($6b$) : on peut montrer que cette équation, qui est de type elliptique, admet, pour tout domaine Δ, *un théorème d'unicité*.

Un espace-temps quelconque pouvant toujours être rapporté à un système de coordonnées tel que la variété initiale soit minima, nous avons ainsi déterminé le degré de généralité des espaces-temps solutions des équations d'Einstein du cas extérieur.

TOPOLOGIE. — *Sur les ensembles possédant la propriété des quatre points.* Note de M. **Ky Fan**, présentée par M. Élie Cartan.

I. Parmi les figures les plus simples de la géométrie, on peut ranger sous le nom de *figures fondamentales* celles qui sont homéomorphes à un segment fermé ou à une demi-droite (comprenant le point initial), ou à une droite ou à une circonférence, et que nous appellerons respectivement *arcs simples*, *rayons topologiques*, *droites topologiques*, *circonférences topologiques*. Le but de cette Note est de donner une caractérisation topologique des figures fondamentales, et cela sous une forme se prêtant à une distinction facile entre leurs quatre types.

Les espaces où nous nous placerons sont ceux que nous avons appelés dans notre Thèse [1] *espaces de F. Riesz*. Voici la définition : On considère un ensemble abstrait $\mathcal{E}$ comme un espace de F. Riesz, si l'on a défini une opération de fermeture faisant correspondre à chaque sous-ensemble E de $\mathcal{E}$ un ensemble $\bar{E} \subset \mathcal{E}$, de façon que les deux conditions suivantes dues à M. F. Riesz soient vérifiées : 1° Quels que soient deux ensembles E, F,

(1) K. Fan, *Sur quelques notions fondamentales de l'Analyse générale*, Thèse, Paris, 1941, *Journ. de Math. pures et appl.*, sous presse.

on a $\overline{E+F} = \bar{E} + \bar{F}$. 2° Si E ne contient qu'un seul point ou n'en contient aucun, on a $\bar{E} = E$. La catégorie des espaces de F. Riesz est d'une extrême généralité. Elle comprend comme cas particuliers les espaces ($\mathcal{L}$) de M. Fréchet (²) ainsi que les espaces accessibles (³), et par suite les espaces de Hausdorff.

II. Soient a, b, c, d quatre points distincts d'un ensemble connexe E. Nous dirons que *le couple* a, b *sépare le couple* c, d (*dans* E) et nous écrirons $ab \| cd$, si $E-(a)-(b)$ ne contient aucun ensemble connexe contenant c, d.

Nous dirons qu'un ensemble E possède *la propriété des quatre points*, s'il est connexe, formé de plus d'un point et satisfait à la condition suivante : quels que soient quatre points distincts a, b, c, d de E, ou bien $ab \| cd$, ou bien $ac \| bd$, ou bien $bc \| ad$.

THÉORÈME I. — *Pour qu'un ensemble d'un espace de F. Riesz soit une figure fondamentale, il faut et il suffit qu'il soit séparable* (⁴), *localement connexe* (⁵) *et possède la propriété des quatre points.*

THÉORÈME II. — *Dans un espace de F. Riesz, pour tout ensemble* E *possédant la propriété des quatre points, le nombre* τ *de ses points* x *tels que* $E-(x)$ *soit connexe ne peut être que* 0, 1, 2 *ou infini. Un ensemble séparable, localement connexe et possédant la propriété des quatre points est respectivement un arc simple ou un rayon topologique ou une droite topologigue ou une circonférence topologique, suivant que* $\tau = 2$ *ou* 1 *ou* 0 *ou infini.*

III. Si l'on veut envisager seulement les trois premiers types des figures fondamentales, la notion suivante pourra être utile. Un ensemble E sera dit *filiforme* s'il est connexe, formé de plus d'un point et vérifie la condition suivante (⁶) : quels que soient trois points distincts a, b, c de E, il existe au moins un d'entre eux, soit a, tel que $E-(a)$ ne contienne aucun ensemble connexe contenant b, c. On peut démontrer que les ensembles

(²) *Les espaces abstraits*, Paris, 1928, p. 164.

(³) M. FRÉCHET, *op. cit.*, p. 185.

(⁴) Un ensemble E est dit *séparable*, s'il contient un ensemble dénombrable dense dans E.

(⁵) Cf. F. HAUSDORFF, *Mengenlehre*, 3ᵉ édition, 1935, p. 155.

(⁶) Nous avions défini les ensembles filiformes au moyen d'une autre condition moins simple. Nous devons à M. H. Cartan de précieuses remarques qui nous ont permis d'obtenir la condition donnée ici. D'ailleurs c'est en généralisant cette condition, que nous avons été conduit à la définition de la propriété des quatre points.

filiformes ne sont autres que les ensembles possédant la propriété des quatre points et ayant τ fini.

Pour qu'un ensemble E connexe formé de plus d'un point possède la propriété des quatre points et ait τ infini, la condition suivante est nécessaire et suffisante : l'ensemble obtenu en retranchant de E un sous-ensemble connexe quelconque est toujours connexe ([7]).

Notons enfin qu'il y a identité entre un ensemble filiforme avec $\tau = 2$ et un ensemble connexe irréductible entre deux points. Il y a aussi identité entre un ensemble filiforme avec $\tau = 1$ et un ensemble monotone-connexe relatif à un point ([8]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Les fonctions asymptotiquement presque-périodiques continues.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Paul Montel.

Introduction. — En introduisant et utilisant la notion de fonction asymptotiquement presque-périodique, nous avons pu établir, en 1933, que les probabilités arithmétiques *en chaîne* $P_{jk}^{(n)}$, qui ne convergent pas toujours, convergent toujours en moyenne arithmétique; et, en 1937, étendre la même propriété aux probabilités géométriques *en chaîne* $P^{(n)}(E, F)$ quand elles sont *bornées à la longue*. Tout récemment, nous avons pu aussi, grâce à l'emploi des mêmes fonctions, obtenir des résultats nouveaux dans l'étude des propriétés moyennes des systèmes dynamiques. Enfin il est visible que la considération de ces fonctions peut rendre de grands services dans la théorie des équations différentielles en vue de son application à l'étude des vibrations.

Nous avons donc pensé qu'il serait utile d'énoncer explicitement les principales propriétés de cette nouvelle classe de fonctions. Pour commencer, nous ne considérerons ici que la catégorie la plus importante, celle qui est constituée de fonctions continues. Ces propriétés sont très semblables à celles des fonctions presque-périodiques continues, et leurs démonstrations, que nous publions dans un autre Recueil, suivent les mêmes lignes générales. Mais il y a des différences dans les détails et surtout des complications nouvelles provenant naturellement de la plus grande généralité obtenue.

Théorème. — *Les trois définitions suivantes des fonctions asymptotiquement presque-périodiques continues* (en abrégé, fonction A. P. P. C.) *sont équivalentes :*

I. Une fonction A. P. P. C., $f(t)$, est la somme

$$f(t) = p(t) + \omega(t) \tag{1}$$

([7]) Cette condition a été étudiée par J. R. Kline (*Fund. Math.*, 5, 1924, p. 3).

([8]) Cf. K. Fan, *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 1024-1026.

d'une fonction presque-périodique continue (P. P. C.) au sens de H. Bohr, $p(t)$, et d'une fonction continue, $\omega(t)$, tendant vers zéro quand $t \to +\infty$ [1].

II. Une fonction A. P. P. C., $f(t)$, définie sur une *demi-droite positive* D (c'est-à-dire de la forme $t \geqq \alpha$) est une fonction continue sur D et telle qu'à tout nombre positif ε correspondent deux nombres $l > 0$ et $B \geqq \alpha$, de sorte que sur tout segment de longueur l se trouve un nombre τ pour lequel on a

$$|f(t+\tau)-f(t)| < \varepsilon$$

quand t et $t+\tau$ sont $\geqq B$.

III. Une fonction A. P. P. C., $f(t)$, définie sur une demi-droite positive D est une fonction continue sur D et telle que, de toute suite de nombres $h_n \to +\infty$, on puisse extraire une suite de nombres k_n, de sorte que $f(t+k_n)$ converge uniformément sur toute demi-droite positive.

Propriétés. — 1° La décomposition (1) est unique; on peut donc appeler $p(t)$ le *terme principal* de la fonction A. P. P. C., $f(t)$, et $\omega(t)$ le *terme correctif* de $f(t)$.

2° Une fonction A. P. P. C. définie sur une demi-droite positive y est bornée et également continue.

3° Si $f(t)$ est A. P. P. C. sur une demi-droite $(t \geqq \alpha)$ et si λ est un nombre réel, l'expression

$$\frac{1}{L}\int_{c}^{c+L} e^{-i\lambda t} f(t)\,dt,$$

où $c \geqq \alpha$, tend vers une limite déterminée $a(\lambda)$ quand $L \to +\infty$, cette limite est indépendante de c et sa valeur n'est $\neq 0$ que pour un ensemble dénombrable $\lambda_1, \lambda_2, \ldots$ de valeurs de λ appelées exposants de Fourier de $f(t)$; les $a(\lambda_i)$ en sont les coefficients de Fourier. Les exposants de Fourier et les coefficients de Fourier de $f(t)$ sont égaux à ceux de son terme principal.

4° Soient $f_1(t), \ldots, f_n(t)$ plusieurs fonctions A. P. P. C. définies sur la même demi-droite positive D, Γ la trajectoire du point $x_1 = f_1(t), \ldots, x_n = f_n(t)$, $\Phi(x_1, \ldots, x_n)$ une fonction continue sur la fermeture $\Gamma + \Gamma'$ de Γ : la fonction $\varphi(t) = \Phi[f_1(t), \ldots, f_n(t)]$ est A. P. P. C. sur D et son terme principal est $\Phi[p_1(t), \ldots, p_n(t)]$, où $p_k(t)$ est le terme principal de $f_k(t)$. Chaque exposant de Fourier de $\varphi(t)$ est une combi-

[1] C'est le cas le plus utile en mécanique, quand t désigne le temps. On traiterait de même le cas où $t \to -\infty$, ou bien où $t \to \pm\infty$.

naison linéaire et homogène à coefficients entiers positifs d'un nombre fini, éventuellement variable, des exposants de Fourier de $f_1(t)$, ..., $f_n(t)$.

5° Si une suite de fonctions A. P. P. C., $f_n(t)$, converge uniformément sur une demi-droite positive D, leur limite $f(t)$ est A. P. P. C. sur D. De plus, le terme principal et le terme correctif $\omega_n(t)$ de $f_n(t)$ convergent uniformément sur D vers les termes correspondants de $f(t)$. Et la convergence de $p_n(t)$ est même uniforme sur la droite illimitée.

6° Soit $f(t)$ une fonction A. P. P. C. dérivable sur une demi-droite positive D. Pour que sa dérivée soit A. P. P. C. sur D, il faut et il suffit qu'elle y soit uniformément continue. Et, dans ce cas, le terme principal et le terme correctif de $f'(t)$ sont respectivement les dérivées du terme principal et du terme correctif de $f(t)$.

7° Soit $\omega(t)$ le terme correctif d'une fonction $f(t)$ qui est A. P. P. C. sur une demi-droite positive D. Pour que l'intégrale indéfinie de $f(t)$ soit A. P. P. C. sur D, il faut et il suffit : 1° que cette intégrale soit bornée sur D; 2° que l'intégrale $\int_t^{+\infty} \omega(x)\,dx$ soit convergente. Et, dans ce cas, le terme correctif de $\int f(t)\,dt$ sera $\int_{+\infty}^{t} \omega(x)\,dx$.

Remarque. — On étend utilement en vue du problème ergodique les définitions et propriétés précédentes aux fonctions ponctuelles (ou vectorielles) A. P. P. C.

ASTRONOMIE. — *Orbite de l'étoile double Furuhjelm* 46. Note de M. **Paul Baize**, présentée par M. Ernest Esclangon.

L'étoile Furuhjelm 46 (= BD + 45° 2505; position 1950 : $17^{\mathrm{h}}\,10^{\mathrm{m}},6 + 45°\,47'$, magnitude 9,43, spectre M_4) est connue depuis longtemps comme étoile à grand mouvement propre et à forte parallaxe [1]. En 1934 M. G.P. Kuiper [2] découvrit que cette étoile était double et, dès le début, il fut évident que le couple était *en mouvement orbital rapide;* l'examen de photographies prises au Mont Wilson par M. van Maanen montra en effet qu'en 1927 l'image de l'étoile était ronde, qu'en 1928 elle était peut-être

[1] *Le General Catalogue of Stellar Parallaxes* de Schlesinger (1935) donne $\mu = 1'',56$ vers 171° et π trigon. $= +\,0'',144$.

[2] *Publ. Astron. Soc. of the Pacific*, 46, 1934, p. 235.

allongée, et qu'en 1929 elle était certainement allongée dans la direction 90°-270° avec une distance de l'ordre de 0″,5. L'écartement des composantes était de 1″ environ en 1934.

Les observations *visuelles* ultérieures ont confirmé ce mouvement ([3]) et le calcul de l'orbite est d'ores et déjà possible, 7 ans à peine après la découverte du couple. Les magnitudes des composantes sont respectivement 9,9 et 10,4, ce qui évite toute ambiguïté de quadrant.

Les mesures de ce couple difficile sont fort peu nombreuses; les seules que j'aie pu me procurer sont celles de Kuiper ([4]) et celles que M. G. van Biesbroeck m'a obligeamment communiquées avant publication. A l'équatorial de 0m,305 de la Tour de l'Ouest de l'Observatoire de Paris, j'ai pu effectuer 35 mesures de ce couple de 1935 à 1941 inclus. L'ensemble de ces observations est réuni dans la liste suivante :

	°	″		
1934,39	228,9	1,10	Kuiper	1 *n*
1935,43	217,0	1,01	V.Bs	1
1935,55	219,4	1,00	Kuiper	2
1935,69	217,0	1,07	Baize	3
1936,40	209,7	0,94	V.Bs	3
1936,58	207,0	0,89	Kuiper	2
1936,60	207,7	0,94	Baize	3
1937,30	199,3	0,77	V.Bs	3
1937,59	194,0	0,78	Baize	4
1937,77	182,4	0,67	Baize	6
1937,84	178,7	0,60	Baize	2
1938,40	174,8	0,43	V.Bs	4
1938,65	154,9	0,43	Baize	3
1938,75	143,0	0,4±	Baize	4
1939,61	Ronde ou faible allongement Nord-Sud.		Baize	2
1940,59	293,4	0,49	Baize	5
1941,56	274,4	0,67	Baize	5

A l'aide de ces observations, et en utilisant, pour les éléments géométriques, la méthode de M. Ettore Martin ([5]) et, pour les éléments mécaniques, le procédé récemment indiqué par M. N. W. Mac-Leod ([6]), j'ai calculé les éléments suivants, que l'on pourra comparer à ceux que

([3]) Voir *Astronomische Nachrichten*, n° 6326, décembre 1937.
([4]) *Astrophysical Journal*, 84, 1936, p. 360.
([5]) *Rendic. d. R. Accad. dei Lincei*, série 6a, 15, XII, 1932, p. 955.
([6]) *Astronomical Journal*, 48, 1940, p. 119.

M. Zimmermann a publiés en 1939 [7] :

P	10^a,72	*i*	± 147°,1
T	1939,41	ω	343°,1
e	0,621	☊	37°,5
a	0″,675	*n*	33°,582

L'orbite de M. Zimmermann représente, à peu près aussi bien que la mienne, les observations de 1934 à 1937, mais elle donne de forts résidus en angle pour les années ultérieures (+17°,4 en 1938,40, —20°,2 en 1940,59). La nouvelle orbite donne, avec les observations, les résidus O — C suivants, qu'on peut considérer comme satisfaisants :

Époque.	Δθ.	Δρ.	Époque.	Δθ.	Δρ.
	°	″		°	″
1934,39.....	0,0	+0,02	1937,59.....	+2,1	+0,08
1935,43.....	—2,7	—0,03	1937,77.....	—5,4	+0,02
1935,55.....	+0,8	—0,03	1937,84.....	—7,3	—0,03
1935,69.....	—0,3	+0,05	1938,40.....	+8,4	—0,03
1936,40.....	—0,1	+0,01	1938,65.....	+3,5	+0,06
1936,58.....	—0,6	—0,01	1938,75.....	—0,6	(+0,06)
1936,60.....	+0,3	+0,04	1940,59.....	—5,2	+0,02
1937,30.....	+2,0	0,00	1941,56.....	+5,1	—0,03

L'orbite que j'ai ainsi obtenue permet de calculer *une parallaxe dynamique de* 0″,153, en bon accord avec la parallaxe trigonométrique (0″,144 ± 0″,007, *Schlesinger Catalogue*; 0″,150 ± 0″,006, van Maanen) et avec la parallaxe spectroscopique (0″,14, Mont-Wilson). Si l'on prend comme valeur la plus probable $\pi = 0'',150$, la masse totale du système est 0,79 ⊙. La relation Masse-Luminosité donne pour les masses de A et de B respectivement 0,40 ⊙ et 0,36 ⊙, ce qui s'accorde bien avec la masse déduite des éléments orbitaux. Le spectre étant du type M_4, les deux étoiles sont donc des *naines rouges*.

L'*éphéméride* ci-dessous embrasse une révolution entière de ce couple si rapide :

	°	″		°	″
1942,50.....	254,5	0,88	1949,50.....	140,9	0,33
1943,50.....	243,4	1,01	1950,00.....	73,0	0,25
1944,50.....	234,1	1,07	1950,50.....	0,7	0,29
1945,50.....	225,5	1,08	1951,00.....	315,6	0,39
1946,50.....	216,3	1,01	1951,50.....	290,7	0,52
1947,50.....	205,1	0,87	1952,50.....	265,3	0,75
1948,50.....	187,5	0,64	1953,50.....	251,0	0,92
1949,00.....	171,9	0,50			

[7] *Astronomische Nachrichten*, 268, 1939, p. 157.

MAGNÉTISME. — *Paramagnétisme des ferrites de calcium hydratés.* Note (¹) de Mlle **Jeanne Foret**, présentée par M. Paul Pascal.

Les ferrites de calcium hydratés, obtenus par précipitation simultanée et combinaison progressive d'hydrate de fer et de chaux, sous l'influence de la soude, perdent rapidement la coloration due à l'oxyde de fer et deviennent blancs. Ces ferrites exposés à l'air, sous l'influence du gaz carbonique, se décomposent [2] avec régénération de la coloration en libérant de l'oxyde ferrique dont la susceptibilité magnétique se rapproche de celle de la gœthite. Ceci à rapprocher des expériences de R. Chevallier [3] sur l'action des solutions alcalines sur l'oxyde de fer : l'oxyde de fer se trouve finalement à l'état de gœthite, et l'action est d'autant plus rapide que la solution alcaline est plus concentrée.

Il était intéressant de constater, d'une part la valeur du paramagnétisme de l'oxyde de fer entrant dans la composition du ferrite et de voir s'il n'y avait pas une dissimulation de l'oxyde de fer en relation avec la disparition de coloration, d'autre part de vérifier si la concentration de la soude, nécessaire à la précipitation, avait une influence sur le magnétisme du produit formé. C'est dans ce double but qu'ont été dirigées ces expériences.

J'ai préparé les ferrites de calcium suivants : $Fe^2O^3.0,5CaO$, $Fe^2O^3.1,5CaO$; $Fe^2O^3.2,5CaO$; $Fe^2O^3.3CaO$; $Fe^2O^3.3,5CaO$; $Fe^2O^3.4CaO$. J'ai employé la méthode habituelle : précipitation des ferrites par la soude dans les mélanges en solution des quantités calculées de chlorure de fer et de chlorure de calcium. Le précipité obtenu était, après un temps déterminé, prélevé à la pipette, concentré à la centrifugeuse et son magnétisme mesuré à la balance Curie-Chénevaud; tout ceci à l'abri du gaz carbonique. L'analyse du produit soumis à la mesure était ensuite faite pour déterminer la teneur en oxyde de fer et en chaux. J'ai rapporté à l'oxyde de fer la susceptibilité trouvée. Voici les résultats de ces expériences :

	$Fe^2O^3.0,5CaO$.			$Fe^2O^3.1,5CaO$.			$Fe^2O^3.2,5CaO$.		
C...	0,490	0,490	–	0,784	0,122	–	0,784	0,784	0,0843
T...	3	8	–	2	2	–	2	5	8
S...	70,3	83	–	98	73,5	–	77,8	85	87,2

(¹) Séance du 13 octobre 1941.

(²) J. Foret, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 266.

(³) R. Chevallier et S. Mathieu, *Comptes rendus*, 206, 1941, p. 1955.

	$Fe^2O^3.3\,CaO$.			$Fe^2O^3.3{,}5\,CaO$.			$Fe^2O^3.4\,CaO$.		
C...	0,784	0,784	0,0376	0,784	0,784	0,0320	0,784	0,784	0,0357
T...	2	5	7	2	5	8	1	5	8
S...	55	64	76,2	76	70,5	82,4	76	76,4	79,5

C, Concentration de la soude (N); T, Temps (jours); S, Susceptibilité magnétique ($\times 10^{-6}$).

De telles mesures, effectuées sur un produit humide et dont on ignore la teneur en eau, sont nécessairement très imprécises. Elles permettent cependant d'aboutir aux conclusions suivantes :

1° l'oxyde de fer à l'état de ferrite de calcium hydraté ne présente pas de dissimulation magnétique. Il est même plus paramagnétique qu'après décomposition et carbonation à l'air du ferrite.

2° l'oxyde de fer dans ces combinaisons ne subit pas sensiblement de variation magnétique sous l'influence des concentrations variées de soude. J'avais montré que la soude favorise la formation des ferrites de calcium et en assure la stabilité. Il semble que ces composés une fois formés ne subissent plus l'exaltation de magnétisme que manifeste l'oxyde de fer au contact de la soude.

PHOTOCHIMIE. — *Absorption ultraviolette et décomposition photochimique des solutions aqueuses d'acide ascorbique dans l'ultraviolet.* Note de Mlle **Sylvanie Guinand** et M. **Boris Vodar**, présentée par M. Maurice de Broglie.

De nombreux auteurs ont étudié l'absorption des solutions de cet acide, qui présentent une bande intense aux environs de 2600 Å et qui subissent une décomposition photochimique par l'action de l'ultraviolet.

Au cours de l'année 1939-1940, nous avons repris cette étude afin de doser l'acide ascorbique par la méthode de Chevallier et Choron [1]. Nous avons pu vérifier la loi de Beer dans un grand domaine de concentrations et réaliser une destruction photochimique énergique avec un appareillage simple.

On a employé la photométrie photographique : lampe à hydrogène, petit spectrographe Hilger, plaques Zénith Ilford, microphotomètre Chalonge et Lambert, cuve de Baly donnant des épaisseurs de 0,1 mm

(1) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 511.

à 10 cm. La précision sur les densités optiques ($\log_{10}$ de l'opacité) était de 1 % environ. Les solutions étaient à 16°C. Nous les avons préparées en dissolvant l'acide ascorbique cristallisé dans de l'eau bidistillée bouillie additionnée d'un poids de KCN double de celui de l'acide, pour rendre négligeable la décomposition dans l'obscurité.

Pour l'étude de la loi de Beer, nous avons employé la méthode la plus directe : enregistrement de plusieurs spectres relatifs à des concentrations et des épaisseurs telles que leur produit soit constant : épaisseurs 10,00, 1,000, 0,100 et 0,010 cm; concentrations 10^{-6}, 10^{-5}, 10^{-4} et 10^{-3} g/cm^3. Les enregistrements relatifs aux concentrations 10^{-6}, 10^{-5} et 10^{-4} sont superposables : la loi de Beer est donc vérifiée pour ces concentrations. Au centre de la bande, le coefficient ε ($I = I . 10^{-\varepsilon lc}$, l en cm, c en g/cm^3) est égal à 86 000 $\mp$ 1000. Pour deux échantillons différents d'acide ascorbique, la valeur a été la même; elle diffère pourtant de celles données par les précédents auteurs (5, 6,25 et 7.10^4); pour la loi de Beer nous n'avions pas trouvé de vérification directe autre que celle qui porte sur l'intervalle assez réduit de 5.10^{-6} à 25.10^{-6} g/cm^3 ([2]). Sa validité pour toutes les concentrations inférieures à 10^{-4} g/cm^3 est une base sûre pour les dosages spectrophotométriques.

Dans les solutions extraites des tissus, le dosage peut être faussé par l'absorption due à d'autres substances; l'acide ascorbique étant détruit par la lumière ultraviolette, il est possible d'éliminer l'influence des substances gênantes (si celles-ci ne sont pas photosensibles) en faisant deux mesures séparées par une irradiation (Chevallier et Choron). Ces auteurs irradiaient à l'aide d'un tube à hydrogène à très grande puissance (3,5 kw). Nous avons cherché s'il n'était pas possible d'utiliser une source de réalisation plus simple. Les radiations actives ne peuvent être que celles du centre de la bande (vers 2650 Å) ou bien celles de l'ultraviolet plus lointain, où il y a réabsorption intense. La lumière de la lampe à mercure à enveloppe de quartz ne produit sur la solution qu'une action négligeable; au contraire, celle de l'électrode de zinc ou de cadmium produit une destruction rapide : les raies les plus actives sont donc celles de l'ultraviolet lointain. Avec un transformateur de 0,75 kw, 15000 V et un condensateur de 0,015 μF, une telle étincelle détruit en dix minutes tout l'acide ascorbique d'une solution à 10^{-5} g/cm^3, placée dans une cuve de $1^{cm},5$ d'épaisseur à la distance de 7^{cm}. L'étincelle n'a pas la stabilité de la lampe à hydro-

---

([2]) HERBERT, HIRST, PERCIVAL, REYNOLDS et SMITH, *J. Chem. Soc.*, 2, 1933, p. 127.

gène; mais l'évaluation exacte de l'énergie lumineuse consommée dans la réaction photochimique n'est pas nécessaire dans le cas étudié. Nous croyons donc utile de signaler la commodité de l'étincelle pour le dosage différentiel de l'acide ascorbique.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Fumariacées. L'origine du corps de l'embryon chez le* Fumaria officinalis *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Au début d'un Mémoire publié en 1928 et relatif à l'embryogénie des Papavéracées ([1]), j'attirais l'attention sur le grand développement et les caractères fort divers des suspenseurs des Fumariacées, que Hegelmaier avait examinés, en 1878 ([2]), avec des méthodes toutefois qui ne lui avaient pas permis de faire connaître l'origine exacte des blastomères générateurs de ces organes. Mes observations sur le *Fumaria officinalis* apportent toutes précisions sur ce sujet, tout en envisageant surtout l'origine et le mode de construction de l'embryon proprement dit.

Les premières segmentations de l'œuf conduisent le plus souvent à la formation d'une tétrade linéaire (*fig.* 4), la cellule basale du proembryon bicellulaire se divisant transversalement comme la cellule apicale. Mais la cellule basale ne se segmente pas toujours de la même manière; elle s'est cloisonnée obliquement en 3 et en 6; ses processus ultérieurs de division sont également fort variables; ils n'offrent d'ailleurs que peu d'intérêt étant donné que cette cellule produit finalement la partie inférieure d'un gros suspenseur et ne prend nulle part à la construction du corps embryonnaire.

La cellule subterminale *cd*, qui donne naissance à la partie supérieure du suspenseur, se partage, par cloisons verticales méridiennes (*fig.* 9, 10, 12, 16, 17, 19), en quatre cellules circumaxiales qui se divisent transversalement pour engendrer deux étages quadricellulaires (*fig.* 22 à 24). Quelquefois, la cellule *cd* se segmente tout d'abord obliquement (*fig.* 11, 14) ou transversalement (*fig.* 13, 15, 18, 20) et donne ainsi deux éléments superposés qui, à leur tour, prennent des cloisons verticales (*fig.* 13, 15, 20) ou obliques (*fig.* 14). Le groupe cellulaire, issu de *cd*, peut présenter de la sorte les dispositions les plus variées; les éléments qui le composent, par différenciations cytologiques, acquièrent bientôt les caractères des macromères produits par la cellule basale (*fig.* 26 à 30). Comme ces derniers, ils contribuent à la formation du suspenseur; ils ne concourent nullement à la construction de l'embryon.

([1]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 75, 1928, p. 452.

([2]) F. Hegelmaier, *Vergleichende Untersuch. über Entwickl. dikotyledoner Keime*, Stuttgart, 1878.

La cellule terminale *cc* (*fig.* 4 à 11) se divise transversalement, comme le démontrent les figures 12 à 18, pour engendrer deux éléments superposés *ce* et *cf*. L'élément *cf*, par cloisons verticales méridiennes donne deux (*fig.* 19 à 22), puis quatre cellules juxtaposées (*fig.* 23, 25 à 27); celles-ci se segmentent ensuite transversalement et font apparaître deux étages quadricellulaires (*fig.* 29, 30). Ces deux étages prennent part à la construction de l'embryon : l'un donne naissance à la partie hypocotylée, l'autre à un complexe hypophysaire. Le mode de construction de ces deux étages est quelque peu variable : des cloisonnements transversaux peuvent d'abord s'établir dans les deux premières cellules juxtaposées, filles de *cf* (*fig.* 24); des parois longitudinales peuvent aussi précéder les parois transversales dans les quatre cellules circumaxiales génératrices des deux étages (*fig.* 28).

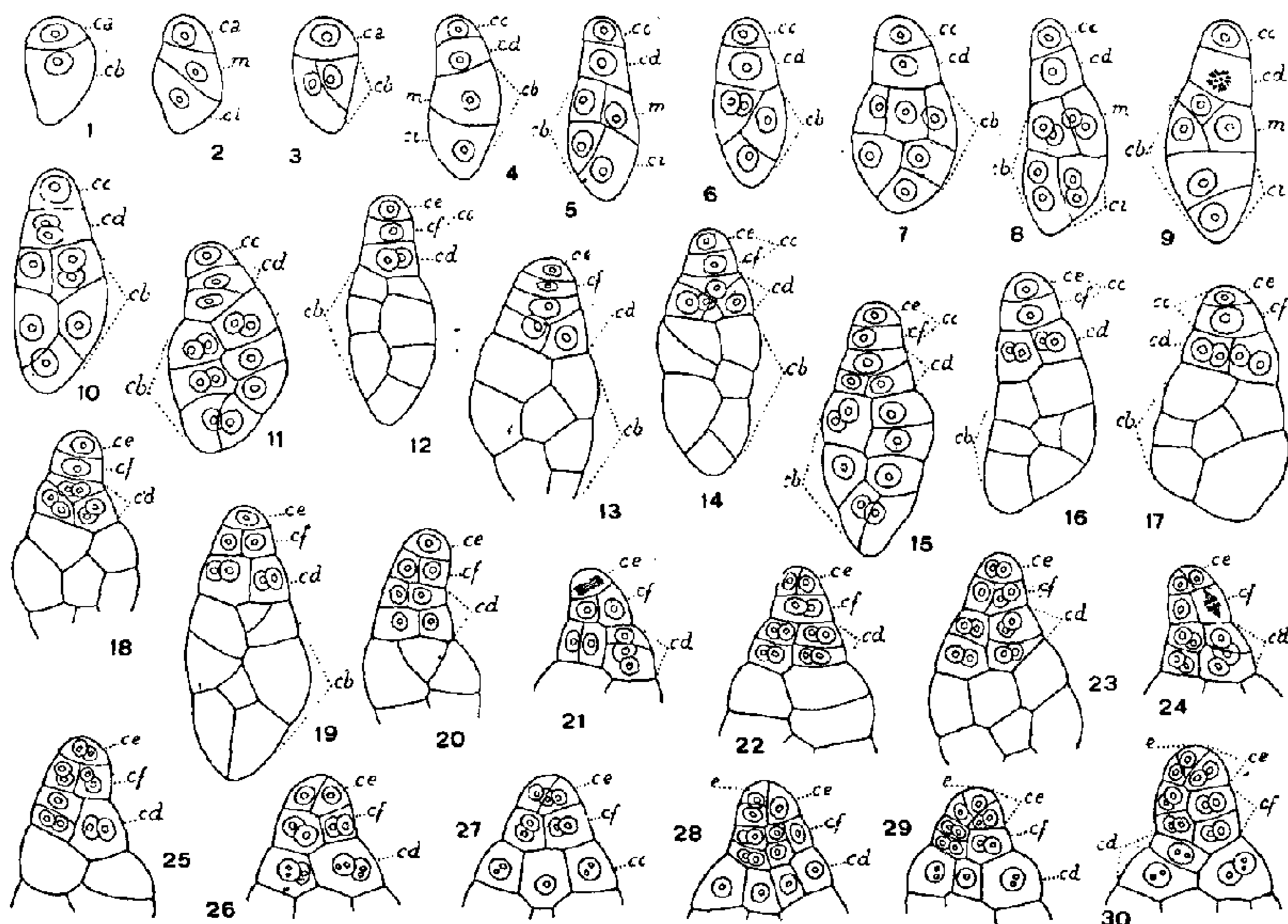


Fig. 1 à 30. — *Fumaria officinalis* L. — Les premières segmentations de l'œuf : *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m* et *ci*, cellules-filles de *cb* donnant la partie inférieure du suspenseur; *cd*, cellule-fille inférieure de *ca* produisant la partie supérieure du suspenseur; *cc*, cellule-fille supérieure de *ca*; *ce*, cellule-fille supérieure de *cc* ou groupe cellulaire qui en dérive; *cf*, cellule-fille inférieure de *cc* ou groupe cellulaire qui en est issu; *e*, épiphyse. G. = 280.

L'élément *ce* prend généralement une cloison oblique plus ou moins rapprochée de la verticale (*fig.* 21 à 26). Les deux cellules-filles ainsi engendrées sont asymétriquement placées; celle qui englobe le sommet se segmente à son tour obliquement (*fig.* 28, 29), l'autre verticalement; leurs cloisons sont, en règle générale, normales à la précédente et normales entre elles, de sorte que les quatres nouveaux éléments se groupent en tétraèdre : l'un occupe le sommet, les trois autres se trouvent disposés

au-dessous, à peu près sur un même niveau (*fig.* 29, 30). Ces quatre éléments ont valeur d'octants supérieurs, de même que les quatre cellules circumaxiales, tout d'abord produites par le blastomère *cf*, ont valeur d'octants inférieurs. Ils prennent tous une part importante à la construction de l'embryon; l'élément du sommet, *e* (*fig.* 28 à 30), se comporte comme une épiphyse, les trois autres éléments donnent naissance à la partie cotylée proprement dite.

Comme on le voit, l'embryon tout entier se développe, chez le *Fumaria officinalis*, aux dépens de la cellule *cc*, mère de *ce* et de *cf*, fille de *ca* et petite-fille de l'oospore; les autres éléments du jeune proembryon, *cd*, cellule-sœur de *cc*, et la cellule basale, *cb*, produisent seulement un suspenseur proprement dit, composé de gros macromères aux caractères cytologiques comparables. Au cours de mes recherches, je n'ai rencontré qu'une seule espèce, le *Medicago Lupilina* ([3]), chez laquelle a pu être établie semblable origine de l'embryon proprement dit et du suspenseur *sensu stricto*. Selon toute apparence, il doit en être de même chez l'*Hypecoum procumbens*, les deux vésicules micropylaires dont se compose le suspenseur de cette plante correspondant, l'une à la cellule basale, l'autre à la cellule *cd*, comme l'a démontré L. Guignard en 1903 ([4]).

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Teneur de quelques végétaux en vitamine antipellagreuse (amide de l'acide nicotinique).* Note ([1]) de Mlle **Madeleine Morel**, transmise par M. Émile Roubaud.

Depuis que l'acide nicotinique a été identifié à la vitamine antipellagreuse, quelques dosages ont été effectués dans divers végétaux à l'aide des méthodes chimiques. E. Kodicek ([2]), à qui l'on doit une contribution importante à la question de la teneur de divers aliments en acide nicotinique, a remarqué que les valeurs trouvées après hydrolyse alcaline des tissus végétaux étaient supérieures aux valeurs obtenues après extraction en milieu neutre. Il en avait conclu que, par hydrolyse alcaline, on extrait des *chromogènes*, que l'on dose par la méthode chimique et qui pourraient bien être totalement dépourvus de « valeur P. P. » (valeur préventive contre la pellagre). En fait les méthodes chimiques utilisées ne sont pas

---

([3]) R. Souèges, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 76, 1929, p. 93.
([4]) *Journ. de Bot. Morot*, 17, 1903, p. 33.

([1]) Séance du 13 octobre 1941.
([2]) *Biochem. J.*, 34, 1940, p. 712.

spécifiques de l'acide nicotinique, mais peuvent donner des résultats positifs avec des dérivés pyridiniques sans valeur vitaminique.

Nous avons repris le problème de la teneur en vitamine P. P. des végétaux, en utilisant comme test le *Proteus vulgaris*, qui, dans l'ensemble, réagit à l'acide nicotinique et à ses dérivés comme l'Homme et le Chien (A. Lwoff et A. Querido) ([3]).

Les végétaux ont été finement broyés avec du sable de Fontainebleau, tel que pour les végétaux frais, après chauffage en tubes scellés 1 heure à 120° dans l'eau pour les végétaux secs (haricots, céréales etc.). Après broyage on a procédé à des extractions : 1° dans l'eau bidistillée; 2° dans l'acide chlorhydrique à 1 % ; 3° dans l'acide chlorhydrique à 8 % ; 4° dans la soude à 8°. Toutes ces extractions sont faites en tubes scellés 1 heure à 120°. Après filtration sur filtre sans cendres, les extraits sont neutralisés et amenés à la dilution nécessaire pour effectuer le dosage, puis stérilisés en tubes scellés. L'acide nicotinique est ensuite dosé par la méthode de Lwoff et Querido ([4]). Nos résultats sont donnés dans le tableau ci-après.

On peut constater que l'hydrolyse par l'acide chlorhydrique à 1 % donne en général des chiffres légèrement supérieurs à l'hydrolyse aqueuse simple. Nous ne retiendrons pas ces résultats. L'hydrolyse par l'acide chlorhydrique à 8 % donne des résultats identiques à l'hydrolyse par la soude à 8 % (Orge, Blé). Elle donne des résultats soit identiques (levure, Tomates), soit supérieurs (Blé, Orge, Pomme de terre, pain) à ceux de l'hydrolyse simple. L'extrait aqueux simple, traité par l'acide chlorhydrique à 8 %, 1 heure à 120°, ne montre pas de modification de sa teneur en acide nicotinique (orge, blé). L'hydrolyse acide ne transforme donc pas un composé inactif en composé actif, mais permet simplement une extraction plus complète. Les substances ainsi extraites, actives pour *Proteus vulgaris*, sont probablement douées d'activité vitaminique P. P. On notera la pauvreté en acide nicotinique du Maïs et du Seigle, reconnus depuis longtemps comme aliments *pellagrogènes*, et l'on retiendra aussi la richesse toute particulière de l'Orge, qui semble l'un des végétaux où la vitamine P. P. soit la plus abondante. Fait important : l'Orge mondé est aussi riche que l'Orge entière, alors que les enveloppes des autres Céréales renferment une fraction importante de l'acide nicotinique.

([3]) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1569.
([4]) *Ibid.*, 129, 1938, p. 1039.

	Résultats personnels.			Kodicek.	
Extraction par..........	eau.	HCl 1 %.	HCl 8 %.	eau.	NaOH 8 %
Maïs (semoule)................	1,46		1,34		1,3
Maïs jaune C.................				0,6	1,2
» D.................				0,8	4,1
Riz (décortiqué)...............	1,34	1,30			
Avoine (entière)..........	1,05	0,96			
Orge (entière)................	5,7	6,2	7,3		
Orge mondé..................	4,2	5,28	7,4		
Seigle entier..................	0,7	1,2	1,2		
Blé entier	3,2	2,8	5,44		3,3
Farine de blé blanche..........	0,98	1,17	1,13		0,5 à 1,2
Son de blé....................	13,6		13,6		
Pain de Paris 1941 A...........	1,54	1,6	2,4		
» » B...........	1,94	1,96	2,88		
» » C...........	1,85	2,0	2,6		
Lentilles sèches...............	2,4	2,56	3,16		
Haricots secs	1,54	1,84	1,60		
Haricots verts.................	0,41	0,4	0,47		
Petits pois frais...............	1,12		1,07		
Pomme de terre................	1,5		3,1		2,0
Carotte	0,3	0,4	0,4		<0,5
Rutabaga.....................	2,12		2,10		
Épinards......................	1,5	1,3	1,0		1,7
Choux	0,35	0,36	0,44		0,3
Tomate	0,30	0,34	0,29		<0,5
Poire.........................	0,24	0,23			
Raisin (sans pépins)...........	0,06	0,05	0,1		
Levure de boulangerie fraîche ...	12,7	12,2	12,8		7,4

Les résultats sont exprimés en milligrammes pour 100g.

Il faut remarquer qu'il n'y a pas de relation directe entre la valeur P. P. des aliments, telle qu'elle a été établie par Goldberger et ses collaborateurs ([5]) par expérience directe sur l'Homme et le Chien, et leur teneur en nicotinamide. Il semble actuellement qu'on puisse classer les aliments en deux catégories : 1° ceux dont l'acide nicotinique est entièrement assimilé : viande, tissus animaux, lait, levure, Tomates; 2° ceux dont une frac-

([5]) W. H. SEBRELL, *Publ. Health Rep.*, 49, 1934, p. 754.

tion seulement est utile : Maïs, Blé, Pomme de terre. En effet l'ingestion de quantités importantes de Maïs ou de Blé ne prévient pas l'apparition de la pellagre, alors que l'absorption quotidienne de viande (100 à 125^g), de lait (1200^g), de Tomates (1200^g), de levure sèche (15^g) empêche l'apparition des symptômes de l'avitaminose nicotinique. La quantité journalière de nicotinamide ainsi absorbée est comprise entre 3^{mg},6 et 7^{mg},2. Il paraît donc probable qu'une quantité de 0^{mg},1 par kilogramme et par jour suffise pour supplémenter un régime déficient et que le besoin total de l'Homme moyen en nicotinamide assimilable soit compris entre 0^{mg},1 et 0^{mg},2 par kilogramme et par jour ([5]).

AGRONOMIE. — *Utilisation des Microbes dans la lutte contre les insectes nuisibles.* Note ([1]) de M. **Serge Métalnikov.**

La lutte contre les insectes nuisibles présente un problème d'une importance capitale, car nous savons actuellement que tous les pays agricoles subissent des pertes énormes, s'élevant en France de 10 à 20 milliards par an à cause des invasions massives des insectes nuisibles.

La méthode la plus répandue pour remédier à cet état de choses consiste en l'utilisation d'insecticides appropriés, produits chimiques très toxiques pour les insectes, mais très toxiques également pour les hommes et les animaux domestiques. Il est bien démontré cependant que l'utilisation de ces insecticides sur les plantes potagères, sur les raisins et sur les arbres fruitiers présente un grand danger pour les consommateurs.

Voilà pourquoi la lutte contre les insectes par les méthodes biologiques peut souvent donner des résultats beaucoup plus favorables que par des méthodes chimiques.

75 années sont passées depuis que Pasteur et Metchnikoff ont entrepris les recherches des microbes qu'on pourrait utiliser contre les insectes nuisibles. En étudiant les insectes malades, ils ont réussi à isoler des champignons microscopiques très virulents.

Malheureusement, les champignons exigent pour leur développement de l'humidité et une température modérée, qu'on ne trouve pas ordinairement en été. Voilà pourquoi toutes les tentatives d'application de cette méthode

---

([5]) A. Lwoff, *Semaine des Hôpitaux de Paris*, sous presse.

([1]) Séance du 29 septembre 1941.

n'ont donné que des résultats très peu satisfaisants. Cependant, il existe dans la nature d'autres ennemis des insectes nuisibles qu'on doit pouvoir utiliser : les bactéries.

C'est en 1923 que nous avons commencé les recherches sur les maladies des insectes nuisibles. Nous avons constaté que toutes les invasions massives d'insectes se terminent ordinairement par des épidémies d'insectes provoquées par des microbes.

En étudiant ces Microbes, nous avons pu découvrir plusieurs souches de bactéries sporogènes, dont les spores sont très résistantes. Nous avons démontré que ces spores sont complètement inoffensives pour l'Homme et les animaux domestiques et qu'il est possible de provoquer artificiellement des épidémies mortelles chez les insectes.

Les résultats obtenus après ces essais sur différents insectes nuisibles ont tous été très concluants. Nous avons eu la chance de pouvoir isoler et étudier de nombreux Microbes sporogènes très pathogènes pour les différents insectes nuisibles.

C'est pourquoi nous avons porté notre attention principalement sur la découverte des Microbes sporogènes, que nous avons réussi à préparer à l'état sec sous forme de poudre. Les spores en poudre sont très pathogènes pour les insectes et peuvent garder toute leur virulence plusieurs années.

C'est grâce à M. Marsais, que nous avons pu exécuter de grandes expériences, en 1936 et 1937, avec succès aux vignobles de Moët et Chandon, en Champagne, qui ont donné des résultats très démonstratifs.

En 1938 et 1939, on a effectué des essais et des traitements des vignes dans beaucoup de propriétés en Champagne, Bourgogne et Bordelais. Partout les plantes traitées accusaient au comptage une diminution d'insectes de plus de 90 %, et une augmentation de récolte double ou triple par rapport aux témoins et même par rapport aux plantes traitées par les méthodes habituelles. En 1938, la Ligue nationale contre les ennemis de la culture a élu une commission spéciale présidée par M. Paul Marchal, qui a suivi les expériences en Champagne et a fait connaître son opinion sur les méthodes bactériologiques.

Parcelles non traitées, 739 Pyrales et Cochylis au total.
Parcelles traitées, 131 Pyrales et Cochylis.

Constatation à la vendange. — Le 3 octobre il a été procédé à la récolte de toutes les grappes, saines ou attaquées, portant au moins un grain,

présentées sur les souches en expérience. Les résultats en nombre et en poids ont été les suivants :

Sur 10 souches contiguës prises au hasard au milieu des routes :
les témoins ont fourni 131 grappes pesant $2^{kg},150$;
les rangs traités (partie A, dose normale), 268 grappes pesant $13^{kg},395$.

Voici le résumé des résultats très favorables qui ont été officiellement constatés en 1939 en Algérie et en Suisse.

En Algérie les essais contre la seconde et la troisième génération de chenilles d'Eudémis ont été poursuivis dans trois importants domaines de la Mitidja, Ben Hassen, Souk-Ali. Le traitement consistait en pulvérisation d'eau ordinaire additionnée de doses variables de sporéine (poudre de spores de Bactéries avec un support et un mucillant). L'Inspection de la défense des cultures du Gouvernement général algérien a contrôlé la marche et les résultats de ces essais.

« Les parcelles traitées se différenciaient, au simple coup d'œil, des parcelles témoins, par le bel aspect de leurs raisins, alors que la pourriture ravageait la majorité des grappes non traitées. Dans les parcelles témoins aucune grappe n'était exempte d'attaque, alors que dans les parcelles traitées les grappes saines atteignaient parfois le tiers de la récolte. »

Les conclusions des essais, poursuivis en Suisse en 1939, sous le contrôle du Laboratoire de Chimie agricole du canton de Genève, placent le procédé de lutte biologique en tête, avec 89 % de réduction des dégâts par le traitement (comparé au témoin non traité).

Les contrôleurs concluent : « La meilleure protection de la Vigne a été obtenue par une seule application des spores de la Bactérie de Métalnikov. Nombre de foyers de pourriture dans 100 grappes : témoin, 100; sporéine, 26. Si la sporéine tient ses promesses, il est clair que cette nouvelle technique de lutte est appelée à rendre de très grands services aux viticulteurs. »

ANATOMIE COMPARÉE. — *La régression des éléments de la deuxième denture, au cours de l'évolution, chez les Proboscidiens.* Note de Mlle **Madeleine Friant**, présentée par M. Charles Pérez.

Des recherches anatomiques et embryologiques que j'ai faites avec M. R. Anthony, il résulte que, depuis le *Mœritherium* (Éocène supérieur du Fayum, Égypte) jusqu'aux Éléphants actuels, l'évolution dentaire des

Proboscidiens se poursuit, surtout, au point de vue numérique, par la régression des éléments de la deuxième denture (incisives définitives et prémolaires).

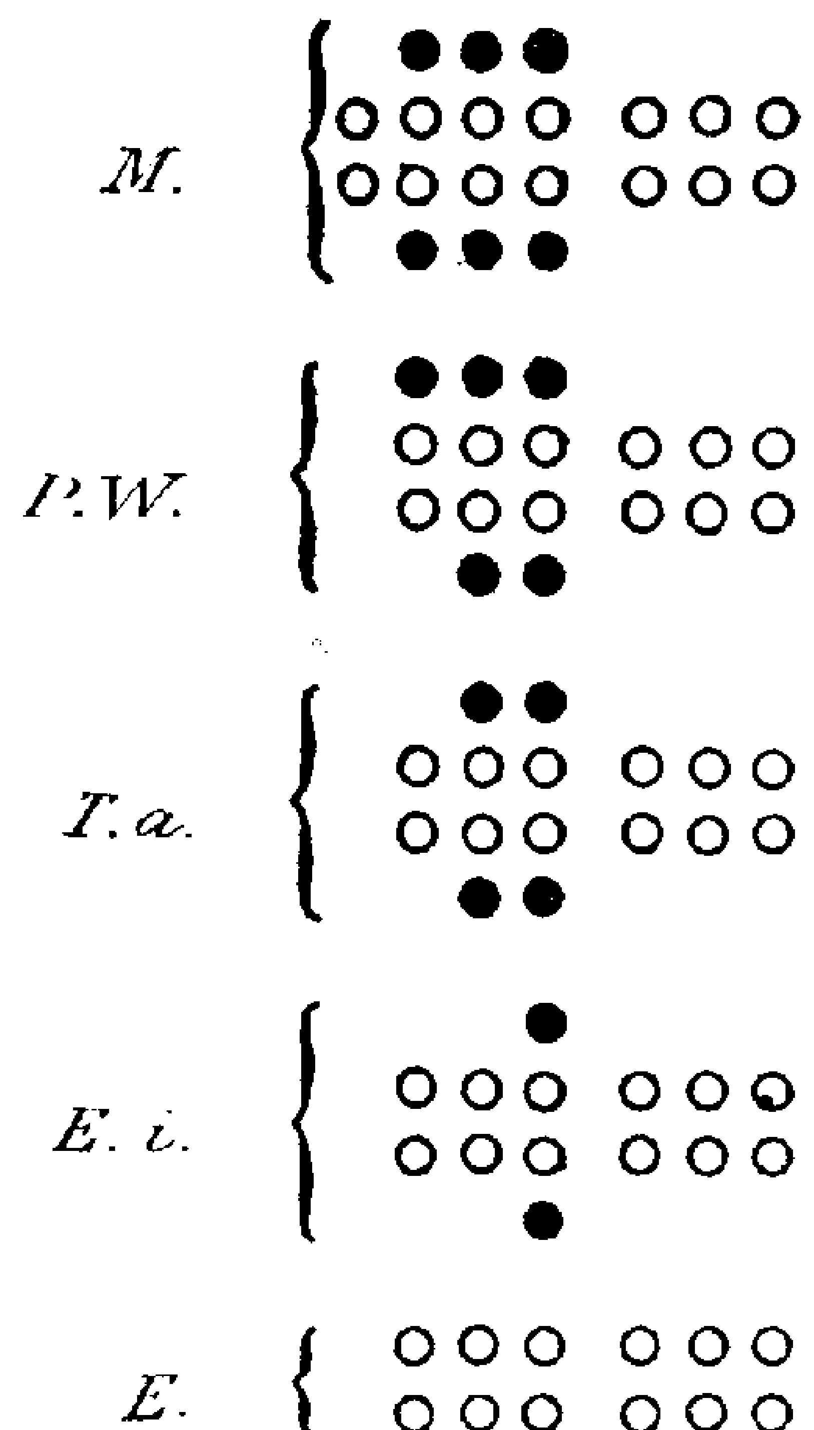


Schéma destiné à montrer la régression de la deuxième dentition jugale chez les Proboscidiens. — Cercles noirs, dents jugales de deuxième dentition (prémolaires). Cercles blancs, dents jugales de première dentition (molaires temporaires et molaires définitives). L'avant est à gauche. — M. *Mœritherium* (disposition de la première dentition de la mâchoire inférieure généralisée à la supérieure); P. W. *Phiomia Wintoni* Andrews; T. a. *Tetrabelodon angustidens* G. Cuv.; E. i. *Elephas imperator* Leidy (disposition de la deuxième dentition de la mâchoire inférieure généralisée à la supérieure). E. Éléphants actuels.

Comme dans toutes les études paléontologiques, il y a, parfois, des éléments qui nous échappent actuellement, et nous l'indiquons dans cette légende. C'est ainsi que les molaires temporaires supérieures du *Mœritherium* ne sont pas encore connues.

Abstraction faite du mode très particulier de succession de leurs dents jugales, nous sommes conduits à donner aux Éléphants actuels, les plus évolués des Proboscidiens (*Elephas indicus* L., Éléphant d'Asie, et *Loxodonta africana* Blum., Éléphant d'Afrique), la formule dentaire

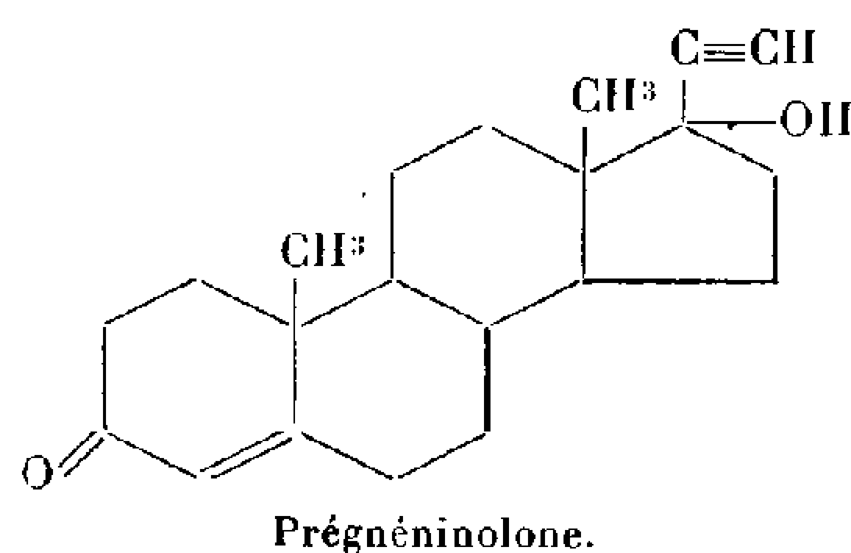
$$\frac{o\ It^2\ It^3}{o\ \ o\ \ o}\ \frac{o}{o}\ \frac{o\ Mt^2\ Mt^3\ Mt^4}{o\ Mt_2\ Mt_3\ Mt_4}\ \frac{M^1\ M^2\ M^3}{M_1\ M_2\ M_3},$$

It représentant les incisives temporaires (It^2, l'incisive, dite de lait, qui tombe dans le jeune âge; It^3, la défense; car It^1, rencontrée par nous à

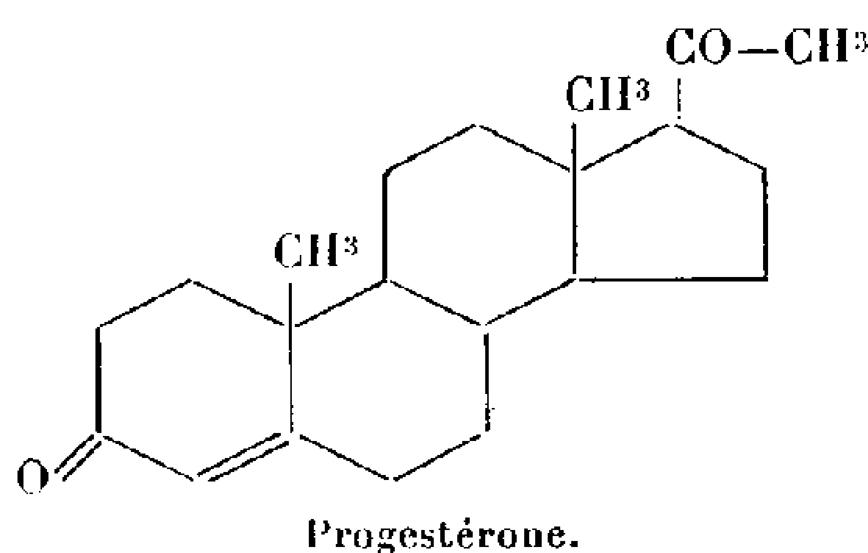
l'état de sac alvéolaire vestigial, ne se développe jamais chez les Éléphants); *Mt*, les molaires temporaires; *M*, les molaires définitives. Toutes les dents des Proboscidiens actuels appartiennent donc à la première dentition : nous estimons en effet que les molaires définitives font partie de la même série dentaire que les molaires transitoires, c'est-à-dire de la première.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Action androgène de la prégnéninolone sur les caractères sexuels secondaires du* Lebistes reticulatus. Note de Mlle **Marie-Thérèse Régnier**, présentée par M. Maurice Caullery.

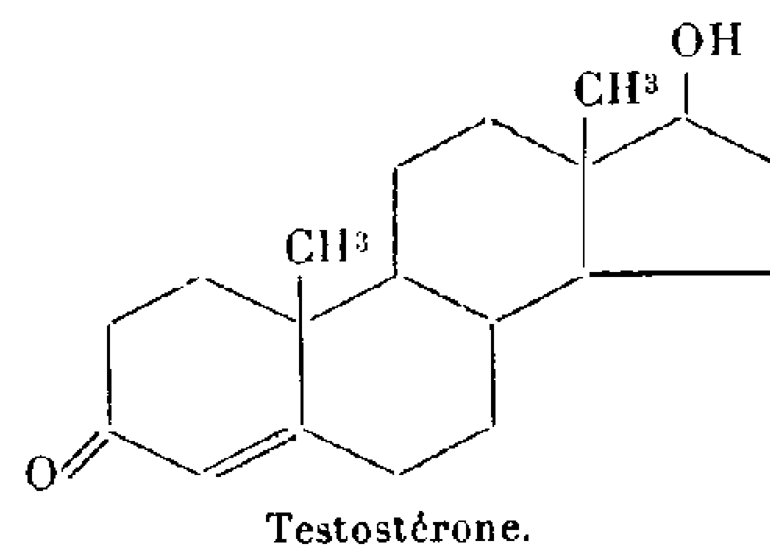
La prégnéninolone est une substance synthétique dont la formule ne diffère de celles de la progestérone et de la testostérone que par les groupements fixés sur le carbone situé en 17.



Prégnéninolone.



Progestérone.



Testostérone.

H. H. Inhoffen et W. Hohlweg [1] ont montré que la prégnéninolone, administrée *per os*, avait des propriétés progestatives.

J'ai recherché l'action de ce corps sur les caractères sexuels secondaires du *Lebistes reticulatus*, Poisson Cyprinodonte acclimaté en aquarium.

Le sexe, chez le *Lebistes*, ne peut être distingué extérieurement que lorsque l'animal atteint deux ou trois mois. A ce moment apparaît la tache noire de maturation chez les femelles. Chez le mâle, vers la même époque, la nageoire anale se transforme en un organe d'intromission, ou gonopode; puis ultérieurement, apparaissent, sur le corps, des taches brillamment colorées.

J'ai ajouté aux 12 litres d'eau d'un aquarium où se trouvaient 53 Lebistes venant de naître, un comprimé dosé à 10^{mg} de prégnéninolone.

Dès le quatrième jour d'immersion dans l'eau contenant l'hormone, *tous*

---

(1) *Naturwissenschaften*, 26, 1938, p. 96.

les individus montraient un allongement très net de la nageoire anale; pendant les trois ou quatre jours suivants, la transformation de cette nageoire en un gonopode s'effectua.

Quinze jours après leur naissance, des taches colorées apparurent chez certains individus et, au bout de trois semaines de traitement, 50 % environ des sujets traités eurent apparemment tous les caractères des mâles : *gonopode*, *taches colorées*, *instinct combattif*.

Les sujets traités mesuraient alors $10^{mm}/3^{mm}$, tandis que les mâles normaux, pourvus des caractères sexuels secondaires, mesurent environ $24^{mm}/3^{mm}$.

Les phénomènes observés avec la prégnéninolone rappellent ceux que j'ai constatés avec l'hormone mâle (²).

R. Courrier et A. Jost avaient déjà noté qu'à côté de l'action caractéristique de la prégnéninolone sur la nidation des œufs et le maintien de la grossesse chez la Lapine castrée (³), ce corps possède des propriétés masculinisantes sur les annexes du Rat et la crête du Poussin (⁴).

Il est difficile de comparer avec exactitude les doses de prégnéninolone et de proponiate de testostérone produisant des effets analogues sur le *Lebistes reticulatus*, car l'hormone mâle était administrée, lors des expériences antérieures, soit par addition à l'eau de la solution huileuse émulsionnée, soit par injection intramusculaire.

Toutefois, il convient de noter que, même en ajoutant 50^{mg} de propionate de testostérone en solution huileuse à l'eau des aquariums, je n'ai pas obtenu une action masculinisante aussi rapide, aussi intense et aussi poussée que celle provoquée par l'addition d'un comprimé dosé à 10^{mg} de prégnéninolone.

MICROBIOLOGIE. — *Spirille du Sodoku et granule spirillogène.* Note (¹) de M. **Yervante Manouélian**, présentée par M. Émile Roubaud.

Les recherches de Séguin (²), chez nombre de Spirochètes, et les nôtres (³), sur le *Spirochæta pallida*, ont mis en évidence un nouveau

(²) *Journ. Pharm. et Chim.*, 9ᵉ série, 1, 1940, p. 147-155.
(³) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1162.
(⁴) *C. R. Soc. Biol.*, 130, 1939, p. 1515.

(¹) Séance du 6 octobre 1941.
(²) *C. R. Soc. Biol.*, 104, 1930, p. 247 et travaux ultérieurs.
(³) *Ibid.*, 104, p. 249 et travaux ultérieurs.

mode de division par émission de formes minuscules et de granules spirochétogènes. Clément Simon et Mollinedo ont retrouvé ces formes dans les lésions syphilitiques.

Nos recherches actuelles par l'imprégnation à l'argent ([4]) montrent qu'il en est de même pour le *Spirillum morsus muris* : rappelons nos connaissances classiques sur le mode de division de ce parasite.

Le spirille du Sodoku se reproduit par division transversale : une striction se montre le long du corps, souvent vers le milieu, et s'accentue de plus en plus jusqu'à ce que les segments ne soient réunis que par un filament dont la rupture libère les deux spirilles : *c'est la division normale simple, division homotypique de Séguin*. Parfois un spirille se divise en trois ou même quatre organismes : *c'est la division normale multiple*.

Nos recherches chez le Cobaye, le Rat et la Souris montrent qu'à côté de ce mode de division il en existe un autre : un spirille non cilié émet un granule relié par un filament à l'extrémité du spirille; la rupture du filament met en liberté le granule, muni encore d'une portion du filament; c'est la *division anormale simple, division hétérotypique de Séguin;* le granule ainsi libéré, nous l'appellerons, par analogie avec les Spirochétogènes, *granule spirillogène* ou *Spirillogène* tout court.

Jusqu'ici le mode de formation initial des spirilles demeurait inconnu. Maurice Roux rapporte ([5]) cependant des observations suggestives : *Dans les jours qui précèdent leur apparition dans le sang et les humeurs des animaux infectés expérimentalement, nous avons constaté, à maintes reprises, dit-il, l'existence de corpuscules granuleux dont la réfringence et la mobilité étaient semblables à celles des spirilles. Nous ne pouvions cependant préciser davantage le fait, qui reste sans rapport, par ailleurs, avec la possibilité de faux spirilles.*

Sans prétendre à une priorité de notre part, notons que, depuis 1935, nous avions, après Salimbeni et Nitti, fait les mêmes observations chez les animaux infectés expérimentalement, surtout chez la Souris. Après l'inoculation sous-cutanée de spirilles, l'examen méthodique des humeurs, de la lymphe péritonéale notamment, montrait, quelques jours avant l'apparition des spirilles, des corpuscules en tout semblables à ceux décrits par M. Roux. Nous nous sommes proposé alors de les étudier mais, pour

---

([4]) Nous avons utilisé l'excellent procédé de Séguin. Pour les détails de la technique, voir Séguin, *Ann. Dermatol. et Syph.*, 10, 1940, p. 833.

([5]) *Thèse*, Paris, 1940.

des raisons indépendantes de notre volonté, nous avons interrompu nos travaux.

Après la découverte de la division hétérotypique par émission granulaire, nous nous sommes demandé si les corpuscules énigmatiques de la période préspirillaire n'étaient autres que des granules spirillogènes; nos recherches actuelles nous permettent d'affirmer qu'il en est ainsi.

Voici le résultat de nos examens des frottis imprégnés à l'argent :

Nous avons observé : 1° nombre de spirillogènes, c'est-à-dire des granules, chacun muni d'un filament plus ou moins ondulé. Ce filament peut être très court, un tout petit fragment attaché au granule; il arrive même qu'on trouve à peine une ébauche de filament; mais, si réduit qu'il soit, celui-ci conserve son caractère et présente une teinte grise à l'imprégnation argentique. Ces granules à filaments extrêmement réduits sont assez abondants parfois dans les préparations et constituent le caractère, sinon exclusif, du moins assez particulier des corpuscules préspirillaires;

2° des microspirilles, dépourvus de cils, souvent grêles, à un ou à deux tours de spire souvent peu accusés;

3° des microspirilles, plus rares, avec une ébauche de filament ou de cil.;

4° des bâtonnets irréguliers; il s'agit sans doute de formes involutives, car on peut constater tous les stades entre les formes à spires relâchées, détendues, et ces bâtonnets, qui montrent plus tard des signes de dégénérescence, épaississement, inégalités de contour et décoloration etc.

Parmi les corpuscules de la phase préspirillaire, à côté des granules munis de filaments, il existe donc des microspirilles. S'ils n'ont pas été reconnus jusqu'ici, c'est que, de dimensions réduites, dépourvus de cils, mais très mobiles, ces éléments ne peuvent guère être discernés sur fond noir; on y voit des corpuscules animés de mouvements très rapides et rien d'autre.

Fait intéressant : alors que, dans la lymphe péritonéale, contenant à la fois des spirilles typiques et des granules spirillogènes, on ne parvient pas, malgré de multiples recherches, à déceler une division hétérotypique, dans la première préparation de la rate que nous avons examinée, aussi bien chez les Muridés que chez le Cobaye, nous avons nettement constaté ce mode de division : un granule relié par un filament à l'extrémité d'un spirille non cilié, parfois même deux granules à chacune des extrémités, en même temps que des granules à filament, des Spirillogènes déjà libres. Dans les préparations de la rate, on constate aussi deux, trois, quatre

granules, et même davantage, plus ou moins espacés le long d'un même filament, donnant l'impression d'un développement en tant que Spirillogènes.

La rate est la grande productrice de ces granules au cours du Sodoku; c'est elle, en effet, qui fournit surtout aux humeurs ces corpuscules réfringents, qu'on décèle facilement et d'une façon constante dans le suc splénique. Aussi, lorsqu'une fois développés dans le péritoine, ou dans le sang, les spirilles finissent par disparaître, et qu'après une période d'éclipse survient une nouvelle apparition de Spirillogènes et de microspirilles, est-ce de la rate que part l'invasion; nos recherches permettent de l'affirmer.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission du bacille de Whitmore par la Puce du Rat* Xenopsylla cheopis. Note de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Émile Roubaud.

Le fait que l'infection à bacille de Whitmore (mélioïdose) est commune aux Rongeurs et à l'Homme incite à penser à une transmission possible par insectes piqueurs.

Les premiers résultats d'expériences de vection, faites avec la Puce du Rat *Xenopsylla cheopis*, semblent justifier cette hypothèse.

1° *Infection expérimentale de la Puce sur le Cobaye.* — Dans une cuve contenant plusieurs milliers de Puces neuves, se succèdent plusieurs Cobayes, inoculés avec des cultures de Bacilles de Whitmore ou des broyats d'organes d'animaux infectés; à ces Cobayes infectés succèdent, à leur tour, des Cobayes neufs; des prélèvements de Puces sont faits à des moments variés, après la fin des repas infectants. Ces Puces, broyées, sont inoculées à des Cobayes neufs, par voie sous-cutanée.

Six expériences par broyage, portant sur trois cuves différentes, une avec 400 Puces, deux avec 300, une avec 200, une avec 80, et enfin une avec 15 puces, ont donné le même résultat positif. Les Cobayes inoculés sont morts en 2 à 4 jours; à l'autopsie, on trouve, sous la peau, un gros placard au point d'inoculation et une hypertrophie ganglionnaire du même côté; le foie est gros, marbré; la rate grosse, le plus souvent sans abcès; les poumons congestionnés, avec le plus souvent quelques petits abcès; les surrénales très grosses. Le Bacille de Whitmore peut être retrouvé sur les frottis du placard sous-cutané, où il abonde, et de la rate où il est rare.

La culture de la rate est toujours positive; toutes les souches isolées sont du type plissé, très agglutinables par un sérum spécifique.

2° *Infection du Cobaye par les Puces.* — Dans des cuves contenant plusieurs milliers de Puces, nourries sur Cobayes infectés depuis 5 à 10 jours, on met des Cobayes neufs qui sont laissés en place jusqu'à leur mort. Dans six expériences différentes, celle-ci est survenue régulièrement après 8 à 12 jours. Le plus souvent, on trouve, à l'autopsie, de nombreuses lésions cutanées, sous forme de nodules ou de placards suppurés. La rate est grosse, avec ou sans abcès; les poumons, congestionnés, peuvent être farcis d'abcès. Les Bacilles sont abondants dans les ganglions abcédés et rares dans la rate, mais peuvent toujours être isolés par culture. Ce tableau anatomo-pathologique a été celui de quatre Cobayes, les souches isolées étant du type plissé. Deux autres Cobayes sont morts sans autre lésion qu'une dégénérescence graisseuse du foie, sans splénomégalie, ni adénopathie. Dans ces deux cas, nous avons isolé un Bacille de Whitmore du type lisse.

3° *Mode de transmission de l'infection.* — Bien que les nombreuses lésions cutanées constatées sur les Cobayes morts dans les cuves aient semblé indiquer une infection par piqûre, nous avons voulu éliminer tout autre mode possible d'infection, spécialement l'infection par voie digestive.

Des Puces infectées, prélevées dans les cuves, ont été mises dans des tubes Borrel fermés par une soie à bluter. Ces Puces piquent deux fois par jour, pendant une heure, la peau épilée de l'abdomen de Cobayes neufs. Ces Cobayes se sont infectés avec régularité : un lot de 400 Puces a successivement infecté 12 Cobayes, après un nombre de séances de piqûre variant de neuf à une seule séance, d'une durée de 50 minutes.

Pour éviter la recharge des Puces, les séances de piqûre étaient arrêtées dès l'apparition, chez le Cobaye en expérience, d'un ganglion inguinal palpable, stade auquel les hémocultures se montrent toujours négatives. Une expérience, en cours depuis 50 jours, montre la grande longévité de l'infection chez la Puce.

La très faible mortalité (10 Puces environ sur 400), depuis le début de l'expérience, montre que l'infection n'est pas préjudiciable à la vie de la Puce.

Les déjections des Puces infectées sont virulentes.

Les Cobayes contaminés par piqûres meurent de 3 à 15 jours après la dernière séance de piqûre. On note toujours, au point d'application du tube Borrel, sur la peau de l'abdomen, de nombreuses lésions cutanées, en

liaison avec des ganglions inguinaux purulents, très volumineux, pouvant atteindre la taille d'une noix. La rate est toujours parsemée d'abcès, les poumons le plus souvent. Du pus des lésions et des ganglions, ainsi que de la rate, on isole facilement le Bacille de Whitmore, variété plissée.

En résumé, le Bacille de Whitmore se développe chez la Puce du Rat *Xenopsylla cheopis*, selon un mode semblable à celui du Bacille de la peste.

Le Bacille se multiplie dans l'organisme de l'insecte, s'y conserve pendant 50 jours au moins, peut être transmis par piqûre et passe dans les déjections.

Il semble donc possible d'affirmer que, dans la nature, l'infection à Bacille de Whitmore peut être transmise de rongeur à rongeur, sinon du rongeur à l'Homme, par la Puce.

La séance est levée à $15^{h}30^{m}$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 30 juin 1941.)

Note de M. *Roger Servant*, Coefficient rotationnel du groupe de bandes ultraviolettes du quartz :

Page 1141, à la dernière ligne, *au lieu de* déjà fourni par Hunter, *lire* déjà fourni par Wolkmann.

(Séance du 25 août 1941.)

Note de MM. *Adolphe Lepape* et *Georges Colange*, Sur la formation de la glace, en été, dans les coulées volcaniques d'Auvergne :

Page 292, ligne 15, *au lieu de* Puy de Dôme, *lire* Puy de Côme.

(Séance du 8 septembre 1941.)

Note de MM. *Richard Fosse*, *Roger de Larambergue* et *Jacques Gaiddon*, Synthèse d'une substance cyanogénétique par oxydation de l'aldéhyde formique et de l'ammoniaque :

Page 331, ligne 8, *après* permanganate de potassium, *ajouter* (25g).

(Séance du 29 septembre 1941.)

Note de M. *André Berlande*, Sur une préparation synthétique des 3.alcoyl- ou arylcyclohexènes-1 :

Page 438, ligne 2 en remontant, *au lieu de* 1,4332, *lire* 1,4432.
Page 439, ligne 13, supprimer *non signalé jusque-là.*

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 27 OCTOBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Sur la puissance d'entraînement d'un flot liquide à débit variable.* Note de M. **Albert Caquot**.

Il est toujours très utile de prévoir des canalisations se maintenant nettes par leur fonctionnement même. Cette condition est particulièrement importante quand il s'agit d'écouler le flot essentiellement variable des eaux d'une cité moderne.

Nous avons déjà montré ([1]) l'extrême variation du débit suivant la durée d'observation. C'est ainsi que, si le réseau est étudié en vue d'évacuer la crue décennale, la plus haute crue annuelle probable ne permet pas, au moment du maximum de l'écoulement, le remplissage de la moitié des sections de ces canalisations.

Les chasses formées par les averses mensuelles ne donnent guère pendant quelques instants plus du dixième du flot de pleine section.

Enfin le débit journalier dû à la consommation citadine et industrielle se situe en pointe au-dessous du quarantième de ce flot et en moyenne entre dix et cinq millièmes.

Toutes ces eaux charrient des corps solides dont il faut éviter les dépôts, en assurant leur propagation par l'effort exercé dans les mouvements du liquide à leur surface.

On sait que cet effort est représenté dans l'effet d'ensemble par le carré de la vitesse moyenne d'écoulement du flot.

Or la vitesse, dans le domaine restreint des grandeurs envisagées se

---

([1]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 509.

représente d'une façon correcte par une équation de la forme $u = ar^{2b} I^{0,5}$ dans laquelle a et b sont des constantes, r est le rayon moyen hydraulique et I la pente.

La seule donnée première est le débit q à écouler, valeur variable dans les proportions ci-dessus indiquées, et il faut déterminer les meilleures formes de section. Si s est l'aire de la section mouillée, nous pouvons écrire $s = q\,u$ et d'autre part p étant le périmètre mouillé $r = s/p$.

La vitesse sera maximum pour la section ayant le plus grand rayon moyen, la section demi-circulaire, pour laquelle $r = 0,399 s^{0,5}$.

Rendement géométrique et mécanique d'une section mouillée. — Nous appellerons par définition η le rendement géométrique d'une section, rapport de son rayon moyen au rayon moyen optimum, d'où $r = 0,399 \eta s^{0,5}$.

Des formules qui viennent d'être écrites nous déduirons pour valeur de u^2, proportionnelle à la force d'entraînement,

$$u^2 = a^{2/(1+b)} \times 0,399^{4b/(1+b)} \eta^{4b/(1+b)} q^{2b/(1+b)} I^{1/(1+b)};$$

cette équation situe bien le problème en donnant les facteurs distincts de la force d'entraînement.

Dans les bonnes constructions actuelles, la rugosité des parois en état de régime permet de prévoir les valeurs :

$$a = 60, \qquad b = 3/8,$$

avec le mètre et la seconde pour unités. Dans ces conditions

$$u^2 = 11,8^2 \eta^{12/11} q^{6/11} I^{8/11}.$$

On voit donc l'importance du rendement géométrique de la section, qui s'écrit, d'après les formules précédentes,

$$\eta = 2,51\, r/s^{0,5} = 2,51\, s^{0,5}/p.$$

Nous définirons d'autre part le rendement mécanique de la section, auquel la force d'entraînement sera proportionnelle par l'expression $\rho = \eta^{12/11}$.

Rendement des sections-types. — Pour obtenir un rendement constant il faut nécessairement obtenir une section toujours semblable à elle-même quelle que soit la zone mouillée, ce qui définit une section triangulaire.

Si α est l'angle au centre, on trouve immédiatement $\eta = 0,886 \sin \alpha^{0,5}$; le rendement est maximum pour l'angle droit et il atteint 0,886 pour cette section triangulaire. Ainsi donc nous sommes sûrs de pouvoir obtenir un

rendement de 0,886 quelle que soit la variation du débit. Mais nous pouvons faire mieux encore si cette variation est limitée.

En pratique ce qui détermine le décapage automatique de la section, étant donné l'extrême rareté des grands flots, est, en tenant compte de ce que nous avons exposé plus haut, un débit compris entre 1/40e et 1/200e de celui de pleine section.

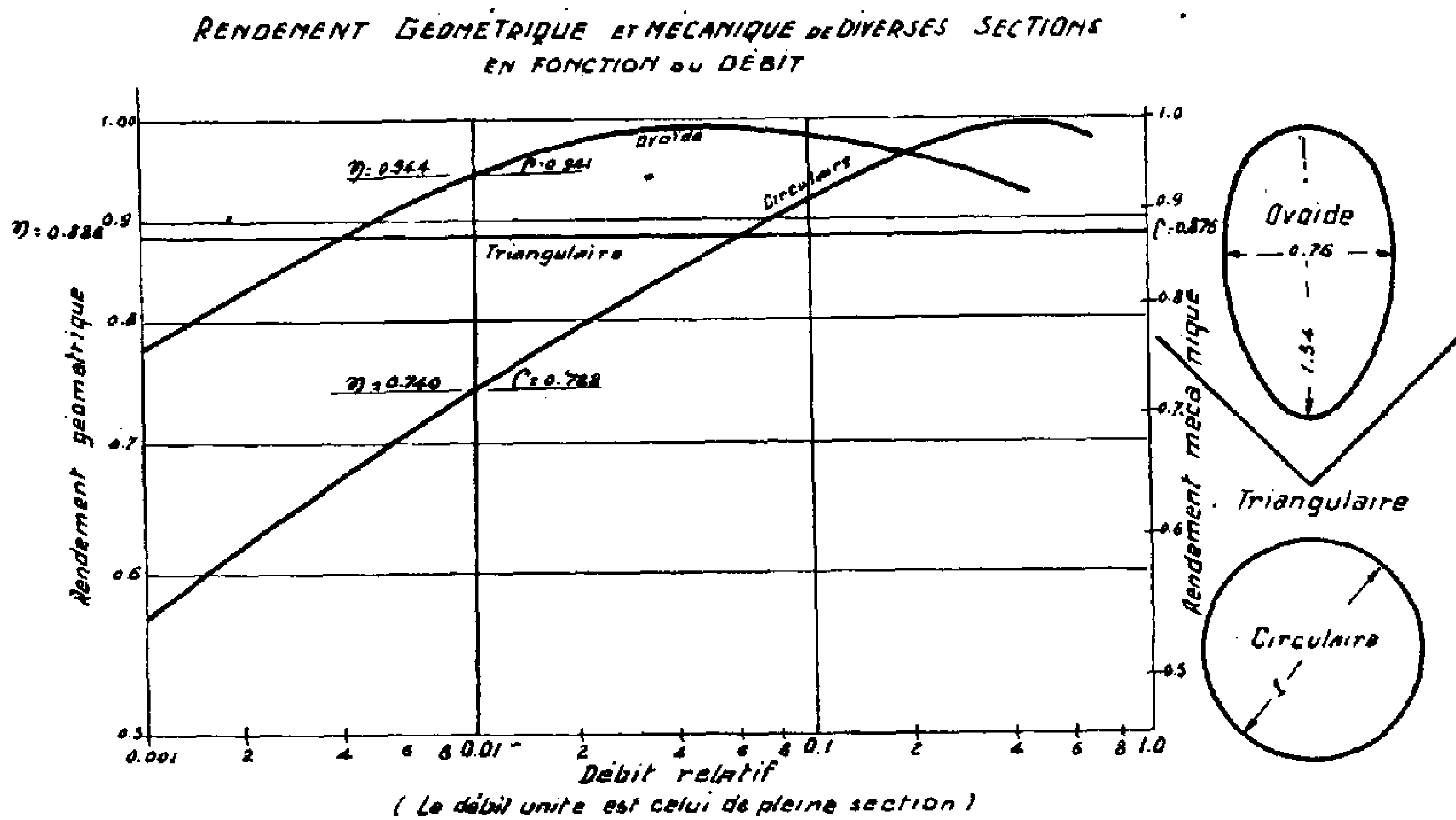
Dans la figure ci-dessous nous donnons les résultats relatifs aux trois sections circulaire, triangulaire, et ovoïde pour le rendement géométrique et le rendement mécanique.

Nous voyons immédiatement l'amélioration considérable que représente la section ovoïde par rapport à la section circulaire. Le rendement géométrique dans l'intervalle envisagé est amélioré de 27,5 %.

Pente nécessaire. — Des formules précédentes nous déduisons

$$I = 11,8^{-2.75}\,\eta^{-1.5}\,u^{2.75}\,q^{-0.75};$$

en donnant à η la valeur tirée du graphique précédent, à u la valeur nécessaire pour l'entraînement, nous en déduisons la valeur de I.



Nous voyons que, I étant proportionnel à $\eta^{-1,5}$, *la section ovoïde peut être utilisée avec une pente qui est seulement les 7/10e de celle des tuyaux circulaires.*

En admettant pour les vitesses nécessaires le tableau suivant :

Débit....................	q de pleine section.	$q/10$.	$q/40$.	$q/100$.
Vitesse (m : s).......	0,92	0,60	0,41	0,32,

nous trouvons $I \geqq 0{,}001\,68\,q^{-0,75}$; d'où le tableau des pentes nécessaires des ovoïdes de la figure

q (m/3 sec).............	0,1	0,2	0,5	1	2	5	10	20
10 000 I (minimum).......	95	56	28	16,8	10	5	3	1,8

Les pentes des tuyaux circulaires seront majorées par le facteur 10/7.

Section. — Les considérations précédentes nous donnent sans tâtonnements la section nécessaire : en réduisant les formules d'après les données numériques ci-dessus, nous trouvons $s = 0{,}106\,q^{-8/11}\,I^{-4/11}$.

Cette équation de synthèse, la condition précédente étant réalisée, donne immédiatement les dimensions à adopter.

Dimensions des éléments à entraîner. — Soient D la dimension maximum des éléments et δ leur densité absolue; l'équilibre de ces éléments pour qu'ils ne s'arrêtent pas veut approximativement $D(\delta - 1) < u^2/2g$.

Cette équation donne la dimension des grilles filtrantes nécessaires dans les bouches sélectives. Avec les vitesses indiquées plus haut la dimension des sables admis est de l'ordre du centimètre.

Puissance des chasses. — La formule de u en fonction de q nous indique immédiatement que l'averse qui détermine un débit du dixième du débit de pleine section donne une force 2,3 fois plus grande que le maximum du débit journalier lui-même 40 fois plus petit que ce débit de pleine section.

En résumé il est possible par la forme ovoïde de conserver pratiquement toute la puissance d'un flot d'écoulement, même s'il atteint 1/100e du débit de la section pleine.

Le rendement géométrique et mécanique de l'ovoïde est pratiquement d'autant meilleur que sa hauteur relative est plus grande. Les conditions de stabilité limitent la hauteur relative à celle donnée dans l'exemple.

COMMISSIONS.

La Commission de la *Fondation Villemot* pour l'année 1941, constituée conformément au règlement, comprendra : MM. **H. Vincent**, **E. Esclangon**, **É. Picard**, **A. Lacroix**, **É. Borel**, **L. de Broglie**, **G. Perrier**, **A. Cotton**, **M. Delépine**, **Ch. Mauguin**, **A. Chevalier**, **M. Javillier**, **E. Roubaud**, **L. Martin**, **L. Cuénot**, **G. Claude**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire d'État a l'Éducation Nationale et a la Jeunesse** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à chacune des quatre chaires d'*Ethnologie des Hommes vivants et des Hommes fossiles*, de *Physiologie générale*, de *Chimie des Corps organisés* et de *Géologie*, vacantes au Muséum National d'Histoire naturelle.

(Renvoi, pour la 1re chaire, aux Sections d'Anatomie et Zoologie et de Médecine et Chirurgie; pour la 2e, à la Section de Médecine et Chirurgie; pour la 3e, à la Section de Chimie et, pour la 4e, à la Section de Minéralogie.)

M. **Jean Roche** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée à ses travaux.

GÉOMÉTRIE. — *Sur l'intégration des équations de la Relativité.* Note [1] de M. **André Lichnerowicz**, présentée par M. Élie Cartan.

Dans une Note relative à l'intégration des équations d'Einstein [2], j'ai montré que le problème des conditions initiales peut, dans le cas où la variété initiale est une hypersurface minima, être ramené à l'intégration d'un système différentiel linéaire

$$\nabla_j^\star(\Pi^{ji}) = 0, \qquad g_{ij}^\star \Pi^{ij} = 0,$$

et à celle de l'équation de type elliptique

$$-g^{ij\star}\partial_{ij}\theta + a^{ij}\partial_i\theta\partial_j\theta + b^i\partial_i\theta - R^\star = -e^{-4\theta}L^2.$$

Relativement à cette équation, on peut démontrer les deux théorèmes suivants :

Théorème d'unicité. — *Pour tout domaine Δ, il existe au plus une solution, prenant sur la frontière de Δ, des valeurs données.*

Théorème d'existence. — *Pour tout domaine Δ de mesure suffisamment petite,*

---

(1) Séance du 20 octobre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 516.

il existe une solution prenant, sur la frontière de Δ, des valeurs données [3].

Mouvement irrotationnel d'un fluide homogène incompressible. — J'ai démontré [4] que, dans tout mouvement irrotationnel d'un fluide incompressible, les sections d'espace constituaient, pour la métrique associée au mouvement, une famille à 1 paramètre de *variétés minima*. La méthode d'intégration donnée précédemment permet la détermination de tous les mouvements irrotationnels d'un tel fluide.

Soit μ une constante donnée représentant la densité de matière du fluide. Les équations du champ associé au mouvement irrotationnel du fluide de densité μ peuvent s'écrire avec les notations habituelles

$$(7) \qquad \overline{R}^j_i + g^{jk}\frac{\nabla_k(\partial_i V)}{V} + \frac{1}{V}\partial_4\Omega^j_i = \frac{1}{2}\chi g^j_i(\mu - p),$$

$$(8) \qquad \left\{ \begin{array}{l} \nabla_j(\Omega^{ji}) = 0, \\ \overline{R} - H^2 = 2\chi\mu. \end{array} \right.$$

A ces équations il faut adjoindre les relations

$$(9) \qquad K = 0,$$

$$(10) \qquad V = \frac{\mu}{\mu + p}.$$

Grâce à la méthode indiquée précédemment, l'intégration du système des équations (8) et (9) peut être ramenée à l'intégration d'un système linéaire et à celle de l'équation de type elliptique

$$(11) \qquad -g^{ij*}\partial_{ij}\theta + a^{ij}\partial_i\partial_j\theta + b^i\partial_i\theta - R^* = -e^{-4\theta}L^2 - 2e^{2\theta}\chi\mu.$$

Les tenseurs g_{ij} et Ω_{ij} se trouvent ainsi déterminés; il nous faut choisir les fonctions V et $\dot{V} = \partial_4 V$ de façon que

$$\partial_4 K = 0, \qquad \partial_{44} K = 0.$$

Il en résulte que V et $\dot{V}$ satisfont à deux équations de type elliptique

$$(12) \qquad -\overline{\Delta}_2 V = (\overline{R} - 3\chi\mu)V + \frac{3}{2}\chi\mu,$$

$$(13) \qquad -\overline{\Delta}_2 \dot{V} = (\overline{R} - 3\chi\mu)\dot{V} + P,$$

P désignant une fonction régulière des variables x^i ne dépendant que des g_{ij}, de leurs dérivées et de la fonction V.

---

[3] Cf. HILBERT et COURANT, *Methoden der Mathematischen Physik*, 2, p. 287, Berlin, 1937.

[4] *Bull. des Sc. math.*, 65, 1941, p. 54.

Ainsi la méthode d'intégration développée dans ma Note précédente ([2]) permet aussi la détermination complète des mouvements irrotationnels d'un fluide homogène incompressible.

GÉOMÉTRIE. — *Propriétés différentielles des courbes de l'espace conforme à n dimensions.* Note de M. **René Lagrange**, présentée par M. Élie Cartan.

Cette Note emploie la méthode et les notations d'une Note antérieure ([1]), les indices variant de 1 à n au lieu de 1 à 3. $\mathcal{E}$ étant l'espace euclidien à n dimensions, et R le n-èdre de Frenet de la courbe C étudiée, on a $d\omega_1 = ds$, $d\omega_2 = d\omega_3 = \ldots = d\omega_n = 0$, et les seuls γ_{i1}^k non nuls sont les courbures

$$\gamma_{11}^2 = -\gamma_{21}^1 = c_1, \qquad \gamma_{21}^3 = -\gamma_{31}^2 = c_2, \qquad \gamma_{n-1,1}^n = -\gamma_{n,1}^{n-1} = c_{n-1}.$$

Dans l'espace anallagmatique $\mathcal{E}_\Sigma$, le n-èdre $\vec{\varepsilon}_1 = \vec{e}_1$, $\vec{\varepsilon}_2$, ..., $\vec{\varepsilon}_n$ de Frenet est tel que $D\vec{\varepsilon}_i/dS = \Gamma_{i1}^k \vec{\varepsilon}_k$, où les seuls Γ_{i1}^k non nuls sont les courbures anallagmatiques $\Gamma_{i,1}^{i+1} = -\Gamma_{i+1,1}^i = \gamma_i (i = 1, 2, \ldots, n-1)$. L'identification $D\vec{e}_1 = \gamma_{11}^k \vec{e}_k\, ds = \Gamma_{11}^k \vec{\varepsilon}_k\, dS$ donne d'abord

$$(1) \qquad \gamma_1 \vec{\varepsilon}_2 = m c_1 \vec{e}_2 + \frac{\overrightarrow{OM} - x_1 \vec{e}_1}{\rho},$$

et une nouvelle dérivation dans $\mathcal{E}_\Sigma$, le long de C, donne, dans l'hyperplan normal à C,

$$(2) \qquad \gamma'_1 \vec{\varepsilon}_2 + \gamma_1 \gamma_2 \vec{\varepsilon}_3 = m^2 (c'_1 \vec{e}_2 + c_1 c_2 \vec{e}_3),$$

où $\gamma'_1 = d\gamma_1/dS$, $c'_1 = dc_1/ds$. On obtient ainsi le covariant scalaire

$$(3) \qquad \lambda = (\gamma_1'^2 + \gamma_1^2 \gamma_2^2)^{\frac{1}{4}} = ml = m(c_1'^2 + c_1^2 c_2^2)^{\frac{1}{4}},$$

le vecteur invariant unitaire

$$(4) \qquad \vec{E}_2 = \frac{\gamma'_1}{\lambda^2} \vec{\varepsilon}_2 + \frac{\gamma_1 \gamma_2}{\lambda^2} \vec{\varepsilon}_3 = \frac{c'_1}{l^2} \vec{e}_2 + \frac{c_1 c_2}{l^2} \vec{e}_3,$$

ainsi que le pseudo-arc conforme $d\sigma = \lambda\, dS = l\, ds$. Nous posons $\vec{E}_1 = \vec{e}_1 = \vec{\varepsilon}_1$, et

$$(5) \qquad \vec{E}_2 = \sum_{k=2}^{3} \theta_2^k \vec{\varepsilon}_k = \sum_{k=2}^{3} t_2^k \vec{e}_k,$$

([1]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1123-26.

de sorte que les fonctions $\theta_2^k(\gamma_1, \gamma_2, \gamma'_1)$ sont semblables aux $t_2^k(c_1, c_2, c'_1)$. Le déplacement de $\vec{E}_2$ par équipollence dans $\mathcal{E}_\Sigma$ donne alors aisément

$$\text{(6)} \qquad \frac{D\vec{E}_2}{d\sigma} = -\frac{\gamma_1\theta_2^2}{\lambda}\vec{E}_1 + k_2\vec{E}_3,$$

ou

$$\text{(7)} \qquad k_2\vec{E}_3 = \left(\frac{d\theta_2^2}{d\sigma} - \frac{\gamma_2\theta_2^3}{\lambda}\right)\vec{\varepsilon}_2 + \left(\frac{d\theta_2^3}{d\sigma} + \frac{\gamma_2\theta_2^2}{\lambda}\right)\vec{\varepsilon}_3 + \frac{\gamma_3\theta_2^3}{\lambda}\vec{\varepsilon}_4$$
$$= \left(\frac{dt_2^2}{d\sigma} - \frac{c_2t_2^3}{l}\right)\vec{e}_2 + \left(\frac{dt_2^3}{d\sigma} + \frac{c_2t_2^2}{l}\right)\vec{e}_3 + \frac{c_3t_2^3}{l}\vec{e}_4.$$

L'invariant scalaire R_2 ainsi mis en évidence est la deuxième courbure conforme de C; le vecteur unitaire invariant $\vec{E}_3$ est commun à tous les 2-plans $\vec{\varepsilon}_2, \vec{\varepsilon}_3, \vec{\varepsilon}_4$ et au 2-plan $\vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4$. On peut donc poser $\vec{E}_3 = \sum_{k=2}^{4} \theta_3^k \vec{\varepsilon}_k = \sum_{k=2}^{4} t_3^k \vec{e}_k$, où les θ_3^k s'expriment avec les $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, dS$ comme les t_3^k en fonction des c_1, c_2, c_3, ds. Le déplacement de $\vec{E}_3$ par équipollence dans $\mathcal{E}_\Sigma$ est ensuite $\frac{D\vec{E}_3}{d\sigma} = -\frac{\gamma_1\theta_3^2}{\lambda}\vec{E}_1 - k_2\vec{E}_2 + k_3\vec{E}_4$, où k_3 est un invariant scalaire, et $\vec{E}_4 = \sum_{k=2}^{5} \theta_4^k \vec{\varepsilon}_k = \sum_{k=2}^{5} t_4^k \vec{e}_k$ un vecteur invariant, commun à tous les 3-plans $\vec{\varepsilon}_2, \vec{\varepsilon}_3, \vec{\varepsilon}_4, \vec{\varepsilon}_5$ et au 3-plan $\vec{e}_2, \vec{e}_3, \vec{e}_4, \vec{e}_5$; les $\theta_4^k(\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, S)$ sont semblables aux $t_4^k(c_1, c_2, c_3, c_4, s)$. Ainsi de suite, on obtient $n-2$ courbures conformes $k_2, k_3, \ldots, k_{n-1}$, et $n-2$ vecteurs orthonormaux invariants $\vec{E}_2, \vec{E}_3, \ldots, \vec{E}_{n-1}$, chaque vecteur $\vec{E}_p$ étant commun à tous les $(p-1)$-plans $\vec{\varepsilon}_2, \vec{\varepsilon}_3, \ldots, \vec{\varepsilon}_{p+1}$ et au $(p-1)$-plan $\vec{e}_2, \vec{e}_3, \ldots, \vec{e}_{p+1}$. On complète le n-èdre invariant orthonormal direct pour un vecteur $\vec{E}_n$, et l'on a les formules nécessaires :

$$E_p = \sum_{k=2}^{p+1} \theta_p^k \vec{\varepsilon}_k = \sum_{k=2}^{p+1} t_p^k \vec{e}_k,$$

$$\frac{D\vec{E}_p}{d\sigma} = -\frac{\gamma_1}{\lambda}\theta_p^2\vec{\varepsilon}_1 + \sum_{i=2}^{p+2}\left(\frac{d\theta_p^i}{d\sigma} + \frac{\gamma_{i-1}}{\lambda}\theta_p^{i-1} - \frac{\gamma_i}{\lambda}\theta_p^{i+1}\right)\vec{\varepsilon}_i$$
$$= -\left(\frac{c_1}{l}t_p^2 + \frac{1}{ml\rho}\sum_{k=2}^{p+1} t_p^k x_k\right)\vec{e}_1 + \sum_{i=2}^{p+2}\left(\frac{dt_p^i}{d\sigma} + \frac{c_{i-1}}{l}t_p^{i-1} - \frac{c_i}{l}t_p^{i+1}\right)\vec{e}_i.$$

où $\theta^1 = \theta_p^{p+2} = \theta_p^{p+3} = t_p^1 = t_p^{p+2} = t_p^{p+3} = 0$. On pose alors

$$(8) \qquad \frac{D\overrightarrow{E_p}}{d\sigma} = -\frac{\gamma_1}{\lambda}\theta_p^2 \overrightarrow{E_1} - k_{p-1}\overrightarrow{E_{p-1}} + k_p\overrightarrow{E_{p+1}} \qquad (p = 2, 3, \ldots, n),$$

qui définit k_p et $\overrightarrow{E_{p+1}}$, et montre par récurrence que k_p s'exprime semblablement en fonction de $\gamma_1, \gamma_2, \ldots, \gamma_{p+1}$, dS et en fonction de $c_1, c_2, \ldots, c_{p+1}$, ds; de même, les θ_p^k s'expriment avec les $\gamma_1, \ldots, dS$ comme les t_p^k avec $c_1, \ldots, ds$. L'ensemble des formules (8), jointes à

$$(9) \qquad \frac{D\overrightarrow{E_1}}{d\sigma} = \frac{\gamma_1}{\lambda}\overrightarrow{\varepsilon_2} = \frac{\gamma_1}{\lambda}\sum_{k=2}^{n}\theta_k^2\overrightarrow{E_k},$$

sont les formules de Frenet de C dans l'espace conforme. Dans l'espace euclidien $\mathcal{E}$, les expressions des $d\overrightarrow{E_p}/ds$ ne diffèrent de (8) et (9) que par les coefficients de $\overrightarrow{E_1}$, $\gamma_1/\lambda\,\theta_p^2$ étant remplacé par $c_1/l\,t_p^2$ qui a une forme analogue mais une valeur différente.

La première courbure conforme, appelée torsion conforme, n'apparaît pas dans le déplacement de ce n-èdre. Ses expressions se déduisent de λ et l, comme il a été exposé dans la Note citée, pour $n = 3$, et sont identiques.

Signalons encore qu'on retrouve ce n-èdre $(\overrightarrow{E_i})$ en cherchant directement un $(n+2)$-sphère de Frenet de C dans l'espace conforme, suivant la méthode de M. Cartan, les $\overrightarrow{E_i}$ étant les diamètres des n-sphères normale et tangentes. L'une des sphères-point est $l \times M$; la sphère normale a la courbure $(s/l)(dl/ds)$, et les courbures des sphères tangentes sont les projections orthogonales du vecteur $c_1\overrightarrow{e_2}$ sur les $\overrightarrow{E_p}$ $(p = 2, 3, \ldots, n)$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la résolution des équations paraboliques linéaires*. Note de M. **Robert Fortet**, présentée par M. Henri Villat.

Comme dans nos deux précédentes Notes [1], nous considérons l'équation parabolique linéaire

$$L(u) = \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + b(t, x)\frac{\partial u}{\partial x} = 0$$

[1] *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 325 et 1118.

et nous reprenons les notations et les hypothèses de ces Notes; nous rappelons que, sous des conditions assez larges, l'équation

$$\mathcal{L}(u) = \frac{\partial u}{\partial t} + a(t, x)\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + b(t, x)\frac{\partial u}{\partial x} = 0,$$

où $a(t, x)$ est $\geqq 0$, se ramène à une équation du type $L(u) = 0$. L'objet de la présente Note est d'indiquer à quels résultats conduisent les théorèmes de Calcul des Probabilités énoncés dans nos précédentes, quant à la résolution de l'équation $L(u) = 0$.

Solutions normales de l'équation $L(u) = 0$. — Soit C une courbe du plan (t, x), définie par $x = x(t)$, où $x(t)$ est une fonction uniforme et continue de t, et considérons la probabilité d'absorption $\overline{P}_C(t, x; \tau)$ (²); $\overline{P}_C[t, x(t); t]$ ne peut valoir que 0 ou 1 : le point M de C, de coordonnées $[t, x(t)]$, sera dit *régulier* dans le premier cas, *irrégulier* dans le second cas.

Introduisons une nouvelle probabilité d'absorption

$$\overline{P}_C(t, x; \tau, y) = \text{Pr.}\begin{cases} X(t') \leqq x(t') \text{ dans l'intervalle } t < t' < \tau; \\ X(t') \leqq y \leqq x(\tau) \text{ pour } t' = \tau; \text{ sous l'hypothèse } X(t) = x \end{cases};$$

$\overline{P}_C(t, x; \tau, y)$ possède une dérivée partielle continue en y [sauf peut-être pour $y = x(\tau)$], $p_C(t, x; \tau, y)$; à l'intérieur du domaine $\mathcal{D}$ défini par $x \leqq x(t)$, $t \leqq \tau$, $\overline{p}_C(t, x; \tau, y)$ est, en (t, x), solution de $L(u) = 0$, et l'on a en outre :

$$\lim_{\substack{x \to x(t) \\ t \text{ fixe}}} p_C(t, x; \tau, y) = 0 \quad \text{si le point } M[t, x(t)] \text{ est régulier},$$

$$\lim_{\substack{t \to \tau \\ x \to \xi < x(\tau)}} \overline{p}_C(t, x; \tau, y) = \begin{cases} 0 & \text{si } \xi \neq y, \\ +\infty & \text{si } \xi = y. \end{cases}$$

Soient maintenant $f(t)$ une fonction uniforme, bornée et continue, définie pour $t \leqq \tau$, et $g(y)$ une fonction uniforme, bornée et continue, définie pour $-\infty < y \leqq x(\tau)$. *La fonction*

$$(1) \qquad u(t, x) = \int_t^{\tau} f(t')\, d_{t'}\Phi_C(t, x; t') + \int_{-\infty}^{x(\tau)} g(y)\overline{p}_C(t, x; \tau, y)\, dy$$

est solution de $L(u) = 0$ *à l'intérieur de* $\mathcal{D}$. Les solutions de ce type seront dites *normales;* elles satisfont aux conditions aux limites suivantes :

(²) Voir la définition et les propriétés des probabilités d'absorption (*Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1118).

si, t restant fixe et $< \tau$, x tend vers $x(t)$, $u(t, x)$ tend vers $f(t)$ si le point $M[t, x(t)]$ est régulier, et vers une limite en général différente de $f(t)$ si M est irrégulier;

si t tend vers τ tandis que, indépendamment, x tend vers $\xi < x(\tau)$, $u(t, x)$ tend vers $g(\xi)$;

le point $[\tau, x(\tau)]$ est en général point de discontinuité pour $u(t, x)$, sauf toutefois si $f(\tau) = g[x(\tau)]$, auquel cas on a toujours

$$\lim_{\substack{t \to \tau \\ x \to x(\tau)}} u(t, x) = f(\tau) = g[x(\tau)];$$

précisons encore que, si $M[t_1, x(t_1)]$ est régulier, et si t tend vers t_1 par valeurs *inférieures*, tandis que, indépendamment, x tend vers $x(t_1)$, $u(t, x)$ tend vers $f(t)$; mais il n'en est pas forcément de même si t tend vers t_1 par valeurs supérieures.

Théorème d'existence. — Soit l'équation $L(u) = 0$; donnons-nous la courbe C, le domaine $\mathcal{O}$ et les fonctions $f(t)$ et $g(y)$ satisfaisant aux conditions ci-dessus indiquées (on remarquera que les données f et g sont essentiellement indépendantes l'une de l'autre); supposons en outre que, *sur la partie de* C *qui sert de frontière à* $\mathcal{O}$, *il n'y ait pas de point irrégulier.* De ce qui précède résulte que *l'équation* $L(u) = 0$ *admet alors une solution normale et une seule*, $u(t, x)$, *donnée par la formule* (1), *et satisfaisant aux conditions aux limites*

$$\lim_{\substack{x \to x(t) \\ t \text{ fixe} < \tau}} u(t, x) = f(t), \tag{2}$$

$$\lim_{\substack{t \to \tau \\ x \to \xi < x(\tau)}} u(t, x) = g(\xi). \tag{3}$$

En général, il existe en outre des solutions non normales [3] satisfaisant à (2) et (3). Si C n'a pas tous ses points réguliers [4], la solution normale (1) existe toujours, mais ne satisfait plus à (2), sauf pour des choix spéciaux de $f(t)$.

Nos résultats étendent et précisent ceux obtenus par M. Petrowski [5]

---

(3) On notera que $\bar{p}_C(t, x; \tau, y)$ en particulier n'est pas une solution normale.

(4) Nous avons indiqué (*Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1118) des critères pour reconnaître si un point M est régulier ou non; en tous cas, l'ensemble des valeurs de t pour lesquelles M est irrégulier est de mesure nulle.

(5) *Compositio Mathematica*, **1**, 1935, p. 383,

dans le cas de l'équation de la chaleur (cas où $b = 0$); on peut d'autre part énoncer un théorème analogue pour un domaine $\mathcal{D}$ limité par *deux* courbes C (et une caractéristique).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Surfaces de Riemann régulières de points de ramification donnés*. Note de M. **Ou Tchen Yang**, présentée par M. Paul Montel.

Étant donné n points $a_1, a_2, \ldots, a_n$ sur une surface de Riemann S_0 et n entiers $r_1, r_2, \ldots, r_n$, il s'agit de construire une surface S, superposition de plusieurs exemplaires de la surface S_0, telle qu'autour de tout point congru à a_i se ramifient r_i exemplaires ($i = 1, 2, \ldots, n$) et que les points congrus à un point différent de a_i soient tous distincts sur S. En qualifiant de *régulière* une telle surface S, on élargit légèrement la définition classique de surfaces régulières, laquelle se déduit de la présente en remplaçant S_0 par un plan.

On suppose soit $n \geq 3$, soit $n = 2$, $r_1 = r_2$. Pour $n = 1$ ou $n = 2$, $r_1 \neq r_2$, le problème est manifestement impossible.

Pour obtenir des surfaces par superposition, une opération élémentaire consiste, après avoir tracé sur S_0 des coupures joignant les points a_i, à associer cycliquement un certain nombre α d'exemplaires de S_0 par une coupure $a_i a_j$: ces exemplaires constituent une surface connexe et se ramifient autour de chacun des deux points a_i, a_j de façon à former deux cycles d'ordre α en a_i et a_j. La combinaison de pareilles opérations fournit des surfaces variées, grâce à une remarque générale dont je donne ici la forme particulière suivante :

Si l'on associe d'abord cycliquement α' exemplaires par la coupure aa' et qu'on associe ensuite par la coupure aa'' un nombre *impair* β des α' exemplaires avec $\alpha'' - \beta$ nouveaux exemplaires, on peut ranger convenablement les exemplaires à associer de façon à obtenir une surface connexe composée de $\alpha' + \alpha'' - \beta$ exemplaires formant un cycle d'ordre $\alpha' + \alpha'' - \beta$ en a, tandis que deux autres cycles d'ordre α' et α'' se présentent respectivement en a' et a''.

On parvient notamment aux résultats suivants, où R est le plus petit commun multiple de $r_1, r_2, \ldots, r_n$, et le plus grand commun diviseur de deux nombres A, B est désigné par (A, B) :

1° *Cas où tous les r sont impairs*. — Soit α le plus grand facteur premier

de R. On peut construire une surface S_1, composée de αx exemplaires de S_0 (x est un nombre divisant R/α, pouvant se réduire à l'unité), telle que tous les cycles en a_i aient des ordres divisant r_i et divisibles par $(\alpha x, r_i)$ $(i = 1, r, \ldots, n)$.

2° *Cas où certains r sont pairs.* — Soient

$$r_i = 2^{\lambda_i} x_i, \qquad R = 2^{\Lambda} X,$$

x_i, X sont des nombres impairs, les λ peuvent se réduire à zéro, Λ est la plus grande valeur des λ. Si le nombre des λ égaux à Λ est pair, on peut construire une surface S_1, composée de $2^{\Lambda} x$ exemplaires de S_0 (x est un nombre divisant X, pouvant se réduire à l'unité), telle que tous les cycles en a_i aient des ordres divisant r_i et divisibles par $2^{\Lambda-\lambda_i}(x, x_i)$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$.

Si le nombre des λ égaux à Λ est impair, la même construction est possible, mais la surface S_1 se compose de $2^{\Lambda+1} x$ exemplaires de S_0 au lieu de $2^{\Lambda} x$.

Dès lors on peut partir, non de S_0, mais de S_1 pour construire la surface régulière S. Le rôle des points a doit être joué par les points de S_1 qui, considérés sur les exemplaires de S_0, sont congrus à a_i et où l'ordre du cycle n'atteint pas encore r_i. On démontre que les conditions $n \geqq 3$ ou $n = 2$, $r_1 = r_2$ demeurent vérifiées dans le nouveau problème.

Voici la conclusion à laquelle aboutit cette méthode récurrente :

On obtient toujours une surface régulière S, *solution du problème envisagé : elle se compose de* R *exemplaires de* S_0 *si tous les r sont impairs ; sinon, le nombre des exemplaires est égal à* R *ou à* 2R *suivant que les r qui contiennent la plus grande puissance de deux sont en nombre pair ou impair.*

Le genre p d'une surface régulière S se calcule au moyen du genre p_0 de S_0, des r et du nombre m des exemplaires de S_0 qui composent S, par la formule de Riemann

$$2p - 2 = m\left[2p_0 - 2 + \sum\left(1 - \frac{1}{r}\right)\right].$$

Suivant que $2p_0 - 2 + \Sigma(1 - 1/r)$ est négatif, nul ou positif, la surface S est de genre zéro, un ou supérieur à un. Dans les deux derniers cas, on peut déduire, d'une solution S du problème, une infinité d'autres en traçant sur S des coupures fermées ne la morcelant pas et associant plusieurs exemplaires de S par ces coupures. *Mais la surface* S *qui résulte de la construction précédente contient le moins possible d'exemplaires de* S_0. Le nombre m doit être, en effet, divisible par $r_1, r_2, \ldots, r_n$, donc par R,

et quand le nombre des r contenant la plus grande puissance de deux est impair, $R\Sigma(1-1/r)$ est impair, m doit au moins égaler $2R$ pour que la formule de Riemann donne pour p une valeur entière.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Chocs d'une nouvelle espèce dans le problème des trois corps*. Note de M. **David Belorizky**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Nous avons montré (¹) l'existence de chocs triples imaginaires dans le problème des trois corps. Dans ces chocs, les trois distances s'annulent sans que leurs projections sur les axes des coordonnées soient nulles. Dans ce qui suit, nous allons montrer l'existence de chocs triples où l'une des distances s'annule ainsi que ses projections, c'est-à-dire qu'il y a, en ce qui la concerne, un choc *réel*, tandis que les deux autres distances s'annulent sans que leurs projections soient nulles. Les chocs de cette nature n'ont pas encore été envisagés.

Soient trois corps P_0, P_1, P_2 de masses respectives m_0, m_1, m_2.

Soient x, y, z les coordonnées de P_1 par rapport à P_0 et ξ, η, ζ les coordonnées de P_2 par rapport au centre de gravité des corps P_0 et P_1. On a, en posant $P_0P_1=r$, $P_0P_2=r_1$ et $P_1P_2=r_0$:

$$r^2=x^2+y^2+z^2,$$
$$r_0^2=(\xi-nx)^2+(\eta-ny)^2+(\zeta-nz)^2;$$
$$r_1^2=(\xi+lx)^2+(\eta+ly)^2+(\zeta+lz)^2,$$

où

$$n=\frac{m_0}{m_1+m_0}, \qquad l=\frac{m_1}{m_1+m_0}.$$

Supposons qu'à l'instant $t=t_0$, $x=y=z=0$;

$$\xi=\xi_0, \qquad \eta=\eta_0, \qquad \zeta=\zeta_0 \qquad \text{et} \qquad \xi_0^2+\eta_0^2+\zeta_0^2=0.$$

Alors pour $t=t_0$, $r=r_1=r_0=0$.

Nous avons établi qu'au voisinage d'un tel choc, les coordonnées sont développables suivant les puissances entières de $(t-t_0)^{\frac{1}{3}}$ et $(t-t_0)^{\frac{1}{3}}\log(t-t_0)$, et ces développements sont convergents et dépendent de neuf constantes

(¹) *Comptes rendus*, **208**, 1939, pp. 558-560 et 966-969.

arbitraires. Les premiers termes de ces développements sont, si $t_0 = 0$,

$$x = a_1 t^{\frac{2}{3}} + a_2 t + a_3 t^{\frac{4}{3}} + a_4 t^{\frac{4}{3}} \log t + [\text{termes de } 5^e \text{ ordre}] + \ldots,$$
$$y = b_1 t^{\frac{2}{3}} + b_2 t + b_3 t^{\frac{4}{3}} + b_4 t^{\frac{4}{3}} \log t + [\ldots\ldots\ldots\ldots] + \ldots,$$
$$z = c_2 t^{\frac{2}{3}} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$
$$\xi = \xi_0 + \alpha_1 t + \alpha_2 t \log t + \alpha_3 t^{\frac{4}{3}} + [\text{termes de } 5^e \text{ ordre}] + \ldots,$$
$$\eta = \eta_0 + \beta_1 t + \beta_2 t \log t + \beta_3 t^{\frac{4}{3}} + [\ldots\ldots\ldots\ldots] + \ldots,$$
$$\zeta = \zeta_0 + \gamma_1 t + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

On a

$$a_1^2 + b_1^2 + c_1^2 = \left[\frac{9}{2}(m_0 + m_1)\right]^{\frac{2}{3}};$$

α_1, β_1, γ_1 sont arbitraires, et a_4, b_4, c_4 dépendent d'un paramètre arbitraire. De plus

$$r = \text{A} t^{\frac{2}{3}} + \ldots; \qquad r_0 = \text{B} t^{\frac{1}{3}} + \ldots; \qquad r_1 = \text{C} t^{\frac{1}{3}} + \ldots, \qquad \text{où} \quad \text{B} : \text{C} = \sqrt{\frac{m_0}{m_1}}.$$

On voit que la distance r qui s'annule au sens réel est un infiniment petit d'ordre supérieur par rapport aux distances r_0 et r_1. Dans le problème plan ces chocs dépendent de 6 constantes arbitraires.

2. On ne peut pas faire disparaître les logarithmes sans changer la nature du choc; les logarithmes ne disparaissent en effet que si

$$\xi_0 = \eta_0 = \zeta_0 = 0.$$

Mais dans ce cas on aurait un choc triple réel et la nature du choc serait complètement changée.

On ne peut pas considérer les chocs en question comme un cas particulier des chocs triples imaginaires, car pour ces derniers les coordonnées sont développables suivant les puissances de

$$(t - t_0)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{et} \qquad (t - t_0)^{\frac{1}{2}} \log(t - t_0).$$

En dehors des chocs déjà connus, chocs réels, chocs imaginaires simples et doubles et les chocs trouvés par nous : chocs triples imaginaires et chocs de la présente Note (que nous appellerons « chocs triples imaginaires de deuxième espèce »), *il n'existe pas d'autres chocs dans le problème des trois corps.*

3. La variable $du = dt/rr_0 r_1$ régularise, dans le problème général des

trois corps, tous les chocs sauf les chocs triples imaginaires de première et de deuxième espèce ([2]) qui ne peuvent pas être régularisés quelle que soit la nouvelle variable, transformée de t.

M. Sundman a régularisé le problème des trois corps dans une bande de largeur finie, limitée par deux droites symétriques, parallèles à l'axe réel de sa variable indépendante. Les chocs transcendants trouvés par nous, indépendamment d'autres singularités éventuelles, montrent *qu'il est impossible de régulariser le problème des trois corps dans tout le plan de la variable indépendante, quelle que soit cette variable.*

CHRONOLOGIE. — *Formule pascale généralisée applicable aux deux Calendriers et étude des cas exceptionnels grégoriens.* Note ([1]) de M. **Jean-Marie Oudin**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Nous avons établi ([2]) deux nouvelles formules pascales, l'une julienne, l'autre grégorienne, en fonction des éléments c et u du millésime. Nous nous proposons de déduire de ces deux relations une formule généralisée applicable aux deux Calendriers et d'étudier les deux cas exceptionnels qui se produisent de loin en loin dans le seul Calendrier grégorien.

I. *Formule pascale généralisée applicable aux deux Calendriers.* — Les formules utilisées et numérotées (6), (7), (9) et (10) sont celles de la Note indiquée ci-dessus.

La comparaison des deux valeurs julienne et grégorienne de s données par les formules (6) et (9) montre que l'expression qui figure à l'intérieur du crochet (6) fait entièrement partie de celle qui figure à l'intérieur du crochet (9). Il n'en est pas ainsi pour les valeurs julienne et grégorienne de t données par (7) et (10), mais il suffit, pour être ramené au cas précédent, d'ajouter et de retrancher 2 à l'expression inscrite à l'intérieur du crochet (10), ce qui donne la formule générale

$$t = \left[6 - s + c - u - \left(\frac{u}{4}\right) + c - \left(\frac{c}{4}\right) - 2\right]_7.$$

La valeur de s donnée par (9) et la valeur précédente de t permettent alors d'appeler formule pascale généralisée, applicable aux deux Calen-

([2]) Les chocs triples réels n'existent pas dans le problème général des trois corps.

([1]) Séance du 20 octobre 1941.

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 397.

driers, la formule suivante, d'un calcul mental aisé jusqu'à 9999, puisque les quantités c, u, k n'auront jamais plus de deux chiffres avant l'an 10 000 :

$$P = (22 + s + t) \text{ mars ou } P - 31 = (s + t - 9) \text{ avril, avec}$$

(1) $$s = \left[15 - 11(5c + u)_{19} + c - \left(\frac{c}{4}\right) - \left(\frac{c-k}{3}\right) \right]_{30}; \quad k = \left(\frac{c - 17}{25}\right) \quad \text{et} \quad t = \left[6 - s + c - u - \left(\frac{u}{4}\right) + c - \left(\frac{c}{4}\right) - 2 \right]_7$$

(Pour s : Cal. Jul. jusqu'à $(5c+u)_{19}$; Cal. Grég. toute la formule. Pour t : Cal. Jul. jusqu'à $(u/4)$; Cal. Grég. toute la formule.)

Simplifications importantes dans le calcul de s et de **t**. — *a*. Dans le calcul de s, $k = 0$ jusqu'à l'année 4199 inclusivement et $[(c - k/3)]$ se réduit à $(c/3)$. On peut ôter immédiatement soit à u, soit à $5c$, soit à $5c + u$ le plus grand multiple possible du diviseur 19 placé en indice. Ainsi, avec $c = 19$, $(5c + u)_{19}$ devient $(u)_{19}$. Au produit de 11 par $(5c + u)_{19}$, on peut de même ôter de suite le plus grand multiple possible du diviseur 30 placé en indice.

b. Dans le calcul de t, lorsque s, c, u, $(u/4)$, $(c/4)$ sont égaux ou supérieurs à 7, on leur retranche immédiatement le plus grand multiple possible du diviseur 7 placé en indice. Dans le calcul de s et de t les dividendes doivent être positifs (ou nuls). S'il en était autrement, on leur ajouterait un multiple suffisant du diviseur 30 dans le calcul de s, du diviseur 7 dans le calcul de t, pour les rendre tels.

Exemples. — Trouver Pâques grégoriennes et Pâques juliennes en 1942 ($c = 19$, $u = 42$).

Appliquons les remarques précédentes afin d'avoir des nombres aussi petits que possible ; on a successivement, en passant par tous les détails :

1° *P. grégoriennes :*

$$s = \left[15 - 11(0 + 42)_{19} + 19 - \left(\frac{19}{4}\right) - \left(\frac{19}{3}\right) \right]_{30}$$
$$= [15 - 11.4 + 19 - 4 - 6]_{30} = [15 - 14 + 19 - 4 - 6]_{30} = 10,$$
$$t = \left[6 - 10 + 19 - 42 - \left(\frac{42}{4}\right) + 19 - \left(\frac{19}{4}\right) - 2 \right]_7 = [16 - 12]_7 = 4$$

et

$$P = (10 + 4 - 9) \text{ avril} = 5 \text{ avril}.$$

2° *P. juliennes :*

$$s = [15 - 14]_{30} = 1; \qquad t = [6 - 1 + 5 - 0 - 3]_7 = 0$$

et

$$P = (22 + 1 + 0) \text{ mars} = 23 \text{ mars}.$$

Pâques grégoriennes et Pâques juliennes auront lieu le même dimanche, car 23 mars 1942 julien = 5 avril 1942 grégorien; mais il n'en est pas ainsi chaque année.

II. *Étude des deux cas exceptionnels grégoriens.* — *a.* $e = 24$ et $L = D \doteq 4$. — Si l'on change d'épacte en prenant $e = 25$ au lieu de $e = 24$, alors $E = 25 - 30 = -5$ et la formule (1) indiquée précédemment [1] donne la date pascale exacte, c'est-à-dire

$$P = 22 + 23 - (-5) + (-5 - 4 + 2)_7 \text{ mars} = (22 + 28 + 0) \text{ mars}$$

ou

$$P - 31 = (28 + 0 - 9) \text{ avril} = 19 \text{ avril},$$

avec $s = 28$ et $t = 0$.

Si l'on ne change pas d'épacte et prenant $e = 24$, alors $E = 24 - 30 = -6$, et la même formule (1) ne donne plus la date exacte de Pâques, *tout comme la formule* (I) *à laquelle elle équivaut*, mais une date impossible

$$P = 22 + 23 - (-6) + (-6 - 4 + 2)_7 = (22 + 29 + 6) \text{ mars}$$

ou

$$P - 31 = (29 + 6 - 9) \text{ avril} = 26 \text{ avril},$$

avec $s = 29$ au lieu de $s = 28$ et $t = 6$ au lieu de $t = 0$. La correction consistera donc à diminuer s de 1 et t de 6 et l'on aura

$$P = (28 + 0 - 9) \text{ avril} = 19 \text{ avril}.$$

C'est le cas des années suivantes : 1609, 1981, 2076, 2133, 2201, 2296, 2448, 2668, 2725, 2820, 3192, 3344, 3412, 3936, 4843, 4995, 5367, 5739, 5891, 5959, 6054, 6111, 6331, 6578, 6646, 6893, 7018, 7170, 7265, 7333, 7485, 7857, 8009, 8229, 8381, 8476 etc.

b. $e = 25 (n > 11)$ *et* $L = C = 5$. — Si l'on change d'épacte et prenant $e = 26$ au lieu de $e = 25$, alors $E = 26 - 30 = -4$, et la formule (1) donne comme ci-dessus la date pascale exacte qui est

$$P = 22 + 23 - (-4) + (-4 - 5 + 2)_7 \text{ Mars} = (22 + 27 + 0) \text{ Mars}$$

ou

$$P - 31 = (27 + 0 - 9) \text{ avril} = 18 \text{ avril},$$

avec $s = 27$ et $t = 0$.

Si l'on ne change pas d'épacte et gardant $e = 25$, alors $E = 25 - 30 = -5$, et la même formule (1) ne donne plus la date pascale exacte, *tout comme la formule* (I) *à laquelle elle équivaut;* cette date inexacte est

$$P = 22 + 23 - (-5) + (-5 - 5 + 2)_7 \text{ mars} = (22 + 28 + 6) \text{ mars}$$

ou

$$P - 31 = (28 + 6 - 9)\text{ avril} = 25\text{ avril},$$

avec $s = 28$ au lieu de $s = 27$ et $t = 6$ au lieu de $t = 0$. La correction consistera donc à diminuer s de 1 et t de 6 et l'on aura

$$P = (27 + 0 - 9)\text{ avril} = 18\text{ avril}.$$

C'est le cas des années suivantes : 1954, 2049, 2106, 3165, 3260, 3317, 3852, 3909. 4004, 6399, 6551, 7086, 7143, 7238, 8202, 8297, 8354, 8449, 9041, 10100, 10252 etc,

En calculant une date pascale grégorienne par la formule (I) on reconnaîtra une année exceptionnelle du cas a si le calcul donne $s = 29$ et $t = 6$ (on prendra alors $s = 28$ et $t = 0$), et une année exceptionnelle du cas b si le calcul donne simultanément : $s = 28$, $t = 6$ et $(5c + u)_{19} > 10$ (on prendra alors $s = 27$ et $t = 0$).

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La transformation de Lorentz et la mécanique ondulatoire*. Note de M. **Jean Roubaud-Valette**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons une particule de nom propre m_0, liée à un système de référence S animé d'une vitesse v par rapport à un système au repos S′. La transformation classique de Lorentz donne, après multiplication des deux membres par $m_0 c$,

$$(1)\qquad \begin{cases} m_0 c\, dx' = \dfrac{W}{c}\, dx + P_x\, dT \\ m_0 c\, dT' = \dfrac{W}{c}\, dT + P_x\, dx \end{cases} \qquad \text{avec } T = ct.$$

Nous allons considérer la valeur probable de dx' et de dT' en remplaçant, suivant le procédé classique de Schrödinger, les grandeurs W/c et P_x par les opérateurs correspondants. Nous appliquons ceci à une fonction ψ décrivant l'état de corpuscule. En effet, le cadre de l'espace-temps n'est pas donné à priori, indépendamment de son contenu, mais doit être modelé sur l'élément de représentation que l'on veut y introduire. On obtient

$$(2)\qquad \begin{cases} m_0\, dx' . = dx \left(\dfrac{h}{2\pi i}\right) \dfrac{\partial}{\partial T} . + dT \left(\dfrac{-h}{2\pi i}\right) \dfrac{\partial}{\partial x} ., \\ m_0\, dT' . = dT \left(\dfrac{h}{2\pi i}\right) \dfrac{\partial}{\partial T} . + dx \left(\dfrac{-h}{2\pi i}\right) \dfrac{\partial}{\partial x} . \end{cases}$$

Remarquons que pour une onde plane, hors de toute dispersion, on retrouve les formules classiques. Pour une onde formée d'une superposition d'ondes élémentaires, on a un terme complémentaire. Posons $\psi = a e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi}$, d'où

$$(3) \quad \begin{cases} m_0 c\, dx'\, a^* a = dx\, a^* a \dfrac{\partial\varphi}{\partial T} + dT\, a^* a \dfrac{\partial\varphi}{\partial x} + \dfrac{h}{2\pi i}\left(dx\, a^* \dfrac{\partial a}{\partial T} - dT\, a^* \dfrac{\partial a}{\partial x}\right), \\ m_0 c\, dT'\, a^* a = dT\, a^* a \dfrac{\partial\varphi}{\partial T} + dx\, a^* a \dfrac{\partial\varphi}{\partial x} + \dfrac{h}{2\pi i}\left(dT\, a^* \dfrac{\partial a}{\partial T} - dx\, a^* \dfrac{\partial a}{\partial x}\right), \end{cases}$$

$$(4) \quad m_0^2 c^2 (dT'^2 - dx'^2)(a^* a)^2 = (dT^2 - dx^2)\left[\left(\frac{\partial\varphi}{\partial T}\right)^2 - \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2\right](a^* a)^2 - \frac{h^2}{4\pi^2}(dT^2 - dx^2)\left[\left(a^* \frac{\partial a}{\partial T}\right)^2 - \left(a^* \frac{\partial a}{\partial x}\right)^2\right] + \frac{h}{2\pi i} Q,$$

avec

$$Q = (dT^2 - dx^2)\left(a^* a \frac{\partial\varphi}{\partial T} a^* \frac{\partial a}{\partial T} + a^* a \frac{\partial\varphi}{\partial x} + a^* \frac{\partial a}{\partial x}\right).$$

La théorie générale de la mécanique ondulatoire (¹) montre que $Q = 0$ est l'équivalent d'une condition de conservation.

De plus, à la limite de l'optique géométrique, nous avons

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial T}\right)^2 - \left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\right)^2 = m_0^2 c^2;$$

l'écart entre (4) et la transformation classique est alors seulement dû aux variations d'amplitude de l'onde.

Supposons maintenant que l'on connaisse exactement la quantité de mouvement et l'énergie du corpuscule; ses coordonnées sont entièrement indéterminées. Les équations donnant la transformation de Lorentz deviennent, en remplaçant x et T par $-(h/2\pi i)(\partial/\partial P)$ et $(h/2\pi i)[\partial/\partial(W/c)]$, l'opérateur

$$(5) \quad \begin{cases} m_0 c x' \cdot = \dfrac{h}{2\pi i}\left(-\dfrac{W}{c}\dfrac{\partial}{\partial P}\cdot + P \dfrac{\partial}{\partial \frac{W}{c}}\cdot\right), \\ m_0 c T' \cdot = \dfrac{h}{2\pi i}\left(\dfrac{W}{c}\dfrac{\partial}{\partial \frac{W}{c}}\cdot - P \dfrac{\partial}{\partial P}\cdot\right), \end{cases}$$

qui, pour une onde plane, redonne la formule classique.

(¹) Cf. Louis de Broglie, *Introduction à la mécanique ondulatoire*, Paris.

Pour une onde

$$\psi = \Sigma A\left(P, \frac{W}{c}\right) e^{\frac{2\pi i}{h}\varphi},$$

on a

$$\psi^* m_0 c x' \psi = \psi^* \left(\frac{h}{2\pi i}\right) \left[-\frac{W}{c} \frac{\partial}{\partial P}\cdot + P \frac{\partial}{\partial \frac{W}{c}}\cdot \right] \psi.$$

On obtient ainsi la probabilité de valeur de x', où entrent les dérivées de $A(P, W/c)$.

Passons maintenant au cas où la fonction d'onde est à quatre composantes. La linéarisation de Dirac conduit à l'opérateur suivant que nous écrirons, pour tenir compte de la symétrie de l'espace et du temps,

$$\alpha_4 \frac{W}{c} + \alpha_4 \alpha_1 P_x + \alpha_4 \alpha_2 P_y + \alpha_4 \alpha_3 P_z + 1\, m_0 c.$$

La transformation de Lorentz peut être écrite

$$\left(\alpha_4 \frac{W'}{c} + \alpha_4 \alpha_1 P'_x + \ldots\right) \equiv \left(\alpha'_4 \frac{W}{c} + \alpha'_4 \alpha'_1 P_x + \ldots\right)$$

avec

$$\alpha'_4 = \frac{\alpha_4 + \beta \alpha_4 \alpha_1}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad \text{et} \qquad \alpha'_4 \alpha'_1 = \frac{\alpha_4 \alpha_1 + \beta \alpha_4}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Si P, W/c sont connus et x, T inconnus, nous obtenons l'expression (6)

$$(6) \qquad \begin{cases} x' = \dfrac{h}{2\pi i}\left(-\alpha_4 \dfrac{\partial}{\partial P}\cdot + \alpha_4 \alpha_1 \dfrac{\partial}{\partial \frac{W}{c}}\cdot \right), \\[2ex] T' = \dfrac{h}{2\pi i}\left(\alpha_4 \dfrac{\partial}{\partial \frac{W}{c}}\cdot - \alpha_4 \alpha_1 \dfrac{\partial}{\partial P}\cdot \right). \end{cases}$$

Il suffit d'appliquer (6) à une onde plane représentée par quatre fonctions $\psi_k = A_k e^{(2\pi i/h)\varphi_k}$ où deux des A_k seulement sont indépendants, on obtient huit équations en ψ conduisant aux valeurs probables pour

$$(7) \qquad \begin{cases} x' = \dfrac{\Sigma(\psi_i^* \alpha_4 \psi_i) x + \Sigma[\psi_i^*(\alpha_4 \alpha_1)\psi_i] T}{\Sigma \psi_i^* \psi_i}, \\[2ex] T' = \dfrac{\Sigma(\psi_i^* \alpha_4 \psi_i) T + \Sigma[\psi_i^*(\alpha_4 \alpha_1)\psi_i] x}{\Sigma \psi_i^* \psi_i}. \end{cases}$$

Ici nous avons pour une onde plane, en faisant correspondre α_4 à W/c,

$\alpha_4\alpha_1$ à P_x, 1 à $m_0 c$,

$$(8)\quad \left\{\begin{aligned} \Sigma\psi_i^*\psi_i &= (A_3^*A_3 + A_2^*A_2)\frac{2m_0c}{\frac{W}{c}+m_0c},\\ \Sigma\psi_i^*\alpha_4\psi_i &= (A_3^*A_3 + A_2^*A_2)\frac{\frac{2W}{c}}{\frac{W}{c}+m_0c},\\ \Sigma\psi_i^*\alpha_4\alpha_1\psi_1 &= (A_3^*A_3 + A_2^*A_2)\frac{2P_x}{\frac{W}{c}+m_0c}. \end{aligned}\right.$$

En portant (8) dans (7) on retrouve la transformation de Lorentz. On peut également prendre, au lieu de ψ^*, l'expression $\psi^* = \psi^*\alpha_4$, où 1 correspond à 1, α_1 à $+(V_x/c)$, α_4 à $\sqrt{1-\beta^2}$.

On obtient

$$x' = \frac{\Sigma(\psi^*\psi)x + \Sigma(\psi^*\alpha_1\psi)T}{\Sigma\psi^*\alpha_4\psi}, \qquad \text{d'où} \quad x' = \frac{x+\beta T}{\sqrt{1-\beta^2}}.$$

Dans le cas général, à cause des dérivées des A_k, on obtient des formules analogues à celles obtenues avec l'opérateur (5) et un seul ψ.

OPTIQUE. — *Absorption des solutions aqueuses d'ammoniac dans l'ultraviolet.* Note de M[lles] **Geneviève Delivre**, **Madeleine Tintant**, MM. **Pierre Guenin** et **Boris Vodar**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Comme suite au travail de A. Briot et B. Vodar [1] nous nous sommes proposé d'étudier l'absorption des solutions aqueuses d'ammoniac, sur laquelle nous n'avons trouvé aucune donnée quantitative dans les publications antérieures.

La méthode employée est celle de la photométrie photographique; l'étalonnage des plaques est fait au moyen de grilles. Les solutions sont préparées en dissolvant dans de l'eau bidistillée le gaz des bouteilles commerciales, après lui avoir fait subir une distillation fractionnée à basse température dans un appareil en verre exempt de graisse. Les solutions sont contenues dans une cuve de Baly en quartz permettant de réaliser

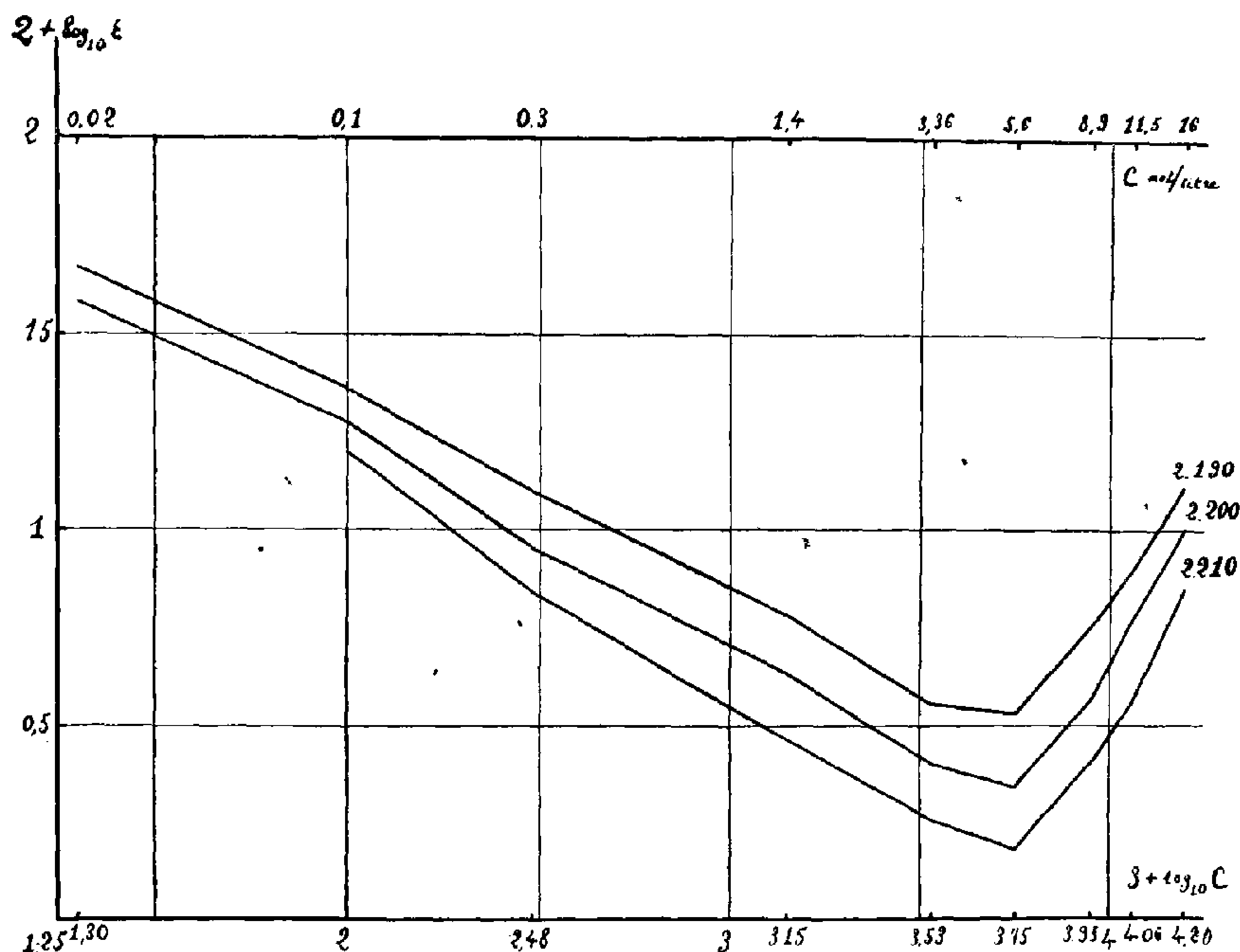
(1) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 500.

toutes les épaisseurs depuis environ $0^{mm},01$ jusqu'à 100^{mm} avec une précision de $0^{mm},01$. On a réalisé une dizaine de concentrations comprises entre 16 et 0,02 mol/litre. La température était de 20° C. L'enregistrement microphotométrique permet de calculer les coefficients d'extinction moléculaires de la formule $I = I_0 . 10^{-\varepsilon l c}$, où l est en cm et c en mol/l.

Les résultats mettent en évidence les faits suivants :

1° Pour les courtes longueurs d'onde (2000 A) l'absorption s'écarte assez peu de la loi de Beer dans le domaine de concentrations exploré (1 mol à 0,005 mol/l).

2° Pour les longueurs d'onde plus longues (plus éloignées du centre de



la bande), l'absorption ne suit pas du tout cette loi et *le coefficient moléculaire passe par un minimum vers la concentration de* 4 mol/l (voir la figure).

Il nous semble que c'est la première fois qu'un tel minimum est signalé dans le cas des solutions électrolytiques (²); il se peut qu'il existe

(²) A notre connaissance, les seuls exemples sont ceux des solutions de camphre et de fenchone (R. LUCAS, *J. de Phys.*, 3, 1932, p. 43).

également dans d'autres cas, mais se trouve dans une région de concentrations non encore étudiée.

La présence du minimum indique sans doute que l'absorption au voisinage de 4 mol/l est due au moins à deux sortes de particules dont les proportions varient avec la concentration. Celles qui interviennent aux faibles concentrations sont vraisemblablement des ions $(NH^4)^+$ plus ou moins solvatés. D'après des mesures dans l'infrarouge [3], les fortes concentrations seraient caractérisées par la présence de groupements NH^3, nH^2O.

L'accroissement rapide de l'absorption avec la dilution est à rapprocher de celui de l'ion (Cl^-) dans les solutions de chlorure ou de ClH [4]; il s'explique probablement comme dans le cas de ClH par la solvatation croissante de l'ion en fonction de la dilution [5].

Le fait que l'absorption des longueurs d'onde plus courtes varie moins avec la dilution pourrait s'expliquer qualitativement en admettant que, plus le quantum lumineux est énergique, plus il pénètre profondément dans la couche de molécules d'eau qui enveloppe l'ion solvaté. Pour les couches profondes, moins sensibles aux variations de la concentration, la loi de Beer serait mieux vérifiée.

D'autre part, pour les longueurs d'onde voisines de 2200 Å, vers les concentrations faibles, nous n'avons pas atteint de région où ε soit constant : la solvatation n'est donc pas encore complète à la dilution de 0,005 mol/l, la plus faible que nous ayons étudiée.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le pouvoir émulsif des protéides.* Note de MM. **Jean Loiseleur** et **Jean-Jacques Lamarca**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

I. Les protéides manifestent un pouvoir émulsif très élevé, lorsqu'on les met en présence, dans un solvant commun anhydre, avec le corps à émulsionner. Celui-ci était représenté, dans nos expériences, par la paraffine P F 70°. Pour cela, il a été préparé à froid une solution à 10 % de protéide dans l'acide formique pur. Cette solution peut être diluée dans le méthanol ou l'éthanol anhydre et permet d'obtenir une solution alcoolique stable contenant 2 ‰ de protéide et seulement 0,45 N de HCO^2H.

---

(3) Mme M. Freymann et R. Freymann, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1043.

(4) R. Trehin, *Ann. de Phys.*, 5, 1936, p. 510.

(5) E. Darmois et L. Herman, *Soc. Fr. de Phys.*, 18 février 1938.

Pour préparer par exemple une émulsion de paraffine et d'ovalbumine, on dissout à 72°, 100^mg de paraffine dans 50^cm³ de C^2H^5OH et 5^cm³ de la solution méthylique d'ovalbumine. Cette solution est versée lentement, sous vive agitation, dans 50^cm³ d'eau maintenue à l'ébullition. La majeure partie de la paraffine est alors engagée dans l'émulsion; mais on retrouve également, à l'état libre, de la paraffine non intéressée par la dispersion.

II. Le pouvoir émulsif que présente ainsi l'ovalbumine peut s'interpréter en faisant appel à la structure des protéides. Puisque les acides aminés ne sont doués du pouvoir émulsif qu'à la condition formelle que leurs chaînes latérales soient de caractère apolaire (1), il faut nécessairement que, dans l'émulsion précédente, la molécule protéique ait pu offrir à la paraffine une face apolaire. C'est donc que le protéide naturel, dont la surface extérieure est recouverte de groupes ionogènes, a subi au contact de la paraffine une modification comparable à celle des couches superficielles du protéide étalé sur l'eau. Dans ce dernier cas, on admet que le protéide, normalement constitué par deux feuillets symétriques accolés par leurs faces apolaires, présente une scission de façon à étaler du côté de l'eau la totalité de ses groupes hydrophiles et du côté de l'air ses faces apolaires. Il en serait de même au contact de la paraffine : les deux feuillets constitutifs se scinderaient, offrant chacun sa face apolaire à la paraffine et tournant vers l'eau sa face polaire, cette dernière assurant par ses charges électriques la stabilité du granule.

On peut alors penser que les conditions de l'expérience initiale ont été insuffisantes pour rendre cette scission complète et pour permettre en même temps la dispersion de la totalité de la paraffine en présence. S'il en est ainsi, le degré de dispersion doit augmenter, en prolongeant le contact de l'ovalbumine et de la paraffine. L'expérience montre qu'il en est bien ainsi : en soumettant le mélange anhydre de paraffine et de protéide à une ébullition prolongée pendant une heure (et ceci sans danger d'hydrolyser le protéide puisque la concentration de HCO^2H atteint seulement 0,04N), la totalité de la paraffine entre en émulsion. Le rayon mesuré des granules formés est de l'ordre de grandeur théorique calculé en égalant la surface du protéide à la surface des granules, c'est-à-dire $R = 5{,}5\, mp/ksp.10^{-24}$ (2).

---

(1) J. LOISELEUR, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 351.

(2) R, rayon du granule (en cm); *m*, poids moléculaire du protéide émulsionnant; *p*, poids de la paraffine à émulsionner; *s*, surface de la molécule protéique; $k = 2$ (coefficient de dénaturation de la molécule protéique).

D'autre part, conformément aux prévisions de cette formule, la mesure de la densité optique des émulsions montre que le rayon des granules décroît régulièrement quand la proportion d'ovalbumine augmente :

Ovalbumine/paraffine........	0,05	0,1	0,5	1
Densité optique.............	1,95	1,15	0,78	0,68

Des résultats superposables ont été obtenus avec d'autres protéides (ovalbumine, caséine, édestine, zéine).

Ces émulsions peuvent être purifiées par dialyse. Elles sont d'une stabilité remarquable à condition que le pH reste en dehors de la zone du point isoélectrique du protéide émulsionnant.

En résumé, les protéides possèdent un pouvoir émulsif très élevé. Ces émulsions apparaissent comme le résultat d'un mode particulier de dénaturation lié à la structure même de la molécule protéique.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Description analytique des huiles essentielles par mesure de l'effet de solvant sur leur pouvoir rotatoire.* Note de MM. **Yves-René Naves** et **Bernard Angla**, présentée par M. Marcel Delépine.

La plupart des constituants des huiles essentielles doués du pouvoir rotatoire moléculaire subissent l'*effet de solvant* entraînant des écarts avec la loi de Biot. La mesure de cet effet traduit des variations de composition qui ne seraient décelables autrement que par des travaux plus longs et plus difficiles : elle présente un grand intérêt technique.

Le pouvoir rotatoire d'un mélange d'éléments essentiels purs, ou dissous dans un solvant, peut dépendre de l'apparition de nouvelles espèces chimiques (acétals, hémiacétals, bases de Schiff etc.), ou de la seule modification chimique de rapports quantitatifs (cétones $\rightleftharpoons$ énols etc.); il est alors possible que nous ne constations des anomalies à la loi de Biot qu'en fonction de notre ignorance de ces réactions. Toutefois le fait du mélange et de la dilution dans un solvant a généralement une certaine influence sur les phénomènes d'association moléculaire, de déformation électronique, et d'orientation intramoléculaire auxquels sont associés des variations de pouvoir rotatoire.

Les divers constituants des huiles essentielles diffèrent en général fortement les uns des autres au point de vue énergétique, et la plupart possèdent des moments permanents élevés. On admet aujourd'hui que des modifi-

cations et des variations dans l'état d'association dépendent de l'existence de ces moments moléculaires permanents et de leur évolution [1]. L'effet de solvant a pu être, de ce côté, lié à la réfractivité du milieu, et il semble pouvoir être prévu dans des cas simples.

Malgré les résultats obtenus dans l'étude des mélanges simples, la prévision et la systématisation des effets de mélange restent encore impossibles. C'est ainsi que la prédominance des vétivones possédant un pouvoir rotatoire et un moment permanent élevés ne suffit pas pour provoquer un effet de solvant appréciable chez les essences de vétiver.

Il convient donc, tout d'abord, de rechercher un classement statistique des essences en fonction des anomalies que subit leur activité optique vis-à-vis des divers solvants.

A titre d'exemple nous mentionnons les constatations relatives aux essences de lavande, de lavandin et d'aspic. Les chiffres donnés constituent déjà une indication, car quelques dizaines de lots ont été examinés. Nous comparons les pouvoirs rotatoires spécifiques pour le doublet D, les concentrations étant de 20 % ($c = 20$), la température, située entre 20° et 28°, stabilisée à $\pm 1°$. Pour la clarté de l'exposition nous appelons $\Delta_1[\alpha]$ les différences de pouvoir rotatoire spécifique entre les solutions des essences dans le cyclohexane et l'alcool 95°; pour $\Delta_2[\alpha]$, il s'agit respectivement des solutions dans le cyclohexane et l'alcool benzylique, pour $\Delta_3[\alpha]$ de la solution dans l'alcool benzylique et de l'essence pure.

On obtient ainsi : pour $\Delta_1[\alpha]$ lavande, $+0°,12$ à $+1°$; lavandin, $-1°$ à $-1°,5$; aspic, $-1°$ à $-2°$. Pour $\Delta_2[\alpha]$ lavande, $-0°,10$ à $-0°,20$; lavandin, $-0°,80$ à $-3°$; aspic, $-1°,30$ à $-5°,10$. Pour $\Delta_3[\alpha]$ lavande, sensiblement nul; lavandin, $+0°,60$ à $+2°,10$; aspic, $+2°$ à $+3°,10$.

Ces résultats, obtenus par des moyens simples, permettent ainsi une différenciation de ces trois essences, qui, sans cela, est souvent laborieuse ou même impossible.

L'application de la mesure de l'effet de solvant à l'identification de constituants essentiels peut évidemment être simplifiée par l'examen de fractions d'huiles essentielles isolées par voie chimique ou physique. A titre d'exemple, nous mentionnons les principes de la recherche de la

---

[1] Rule et coll., *J. Chem. Soc.*, Londres, 1931, pp. 669, 674, 2652; 1932, pp. 1400, 1409, 2332; 1933, pp. 376, 1217; 1935, pp. 1038, 1043; 1937, pp. 138, 152; 1940, p. 345; Kuntz et M. Lean, *Nature*, Londres, 136, 1935, p. 795; Kenyon et Platt, *J. Chem. Soc.*, 1939, p. 633.

menthone à côté de l'isomenthone dans les têtes de distillation de l'essence de géranium, et de la recherche du pinène dans celles de l'essence d'orange.

Ces recherches sont basées sur l'examen de mélanges de menthone et d'isomenthone dans lesquels dominent respectivement la menthone et l'isomenthone.

On obtient : $[\alpha]_D$, sans solvant, —16°,20 et —50°,10; solutions dans l'éthanol, —12° et —50°,10; solutions chloroformiques, —16°,50 et —56°, 60; solutions benzyliques, —9°,05 et —49°,90.

L'examen de solutions de pinène et de limonène donne : $[\alpha]_D$, sans solvant, +46°,10, et +121°,60; solutions dans l'acétonitrile ($c=5$) +54°,40 et +111°,65; solutions dans le méthanol ($c=10$) +51°,68 et +111°,52.

Les détails d'application seront décrits dans une revue spécialisée.

Dans la mesure de l'effet de solvant nous avons cherché à rester dans la précision expérimentale courante, d'où le choix des conditions précitées et de solvants stables, aisément accessibles. Soulignons qu'il convient de déborder les zones éventuelles de mutarotation.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Semi-microradiographie, moyen d'investigation en métallographie.* Note [1] de M. **Mladen Paić**, présentée par M. Léon Guillet.

La microradiographie, imaginée en 1913 par Goby, a été appliquée à la métallographie par Fournier en 1938. Cet auteur utilise des films Lippman, préconisés par Dauvillier, sans grain visible au microscope, mais 800 fois plus lents que les films spéciaux pour rayons X. Il se sert d'un tube à rayons X destiné à la cristallographie, et il emploie des petits échantillons de 0,01 à $0^{mm},05$ d'épaisseur, préparés à la lime. Cette technique lui permet d'observer sous le microscope la structure des alliages à des forts grossissements. Le procédé, tout en rendant des services à la métallographie, est d'une exécution délicate.

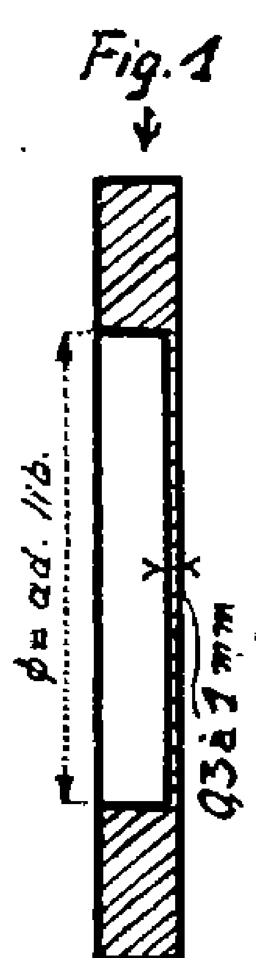
Le but de ce travail est de montrer qu'entre la macroradiographie courante et la microradiographie intégrale, une troisième technique d'examen de métaux, que j'appellerai *semi-microradiographie*, peut trouver sa place. On arrive à cette modification de la microradiographie en

---

[1] Séance du 13 octobre 1941.

renonçant délibérément aux forts grossissements et en se contentant des agrandissements de quelques dizaines de diamètres obtenus de préférence à l'aide d'appareils à grand champ visuel, tels que les appareils agrandisseurs photographiques ou autres appareils de projection d'image. L'ensemble du procédé devient alors très simple, tout en permettant d'obtenir des renseignements intéressants et nouveaux.

Ayant renoncé aux forts grossissements, il est inutile d'avoir des échantillons extrêmement minces : une épaisseur de 0,3 à 1^{mm} convient généralement. Des plaquettes de cette épaisseur et de grande surface peuvent être préparées au tour sans aucune difficulté, soit en tronçonnant, soit, si l'on ne tient pas à examiner les bords, en donnant à l'échantillon la forme indiquée sur la figure 1.



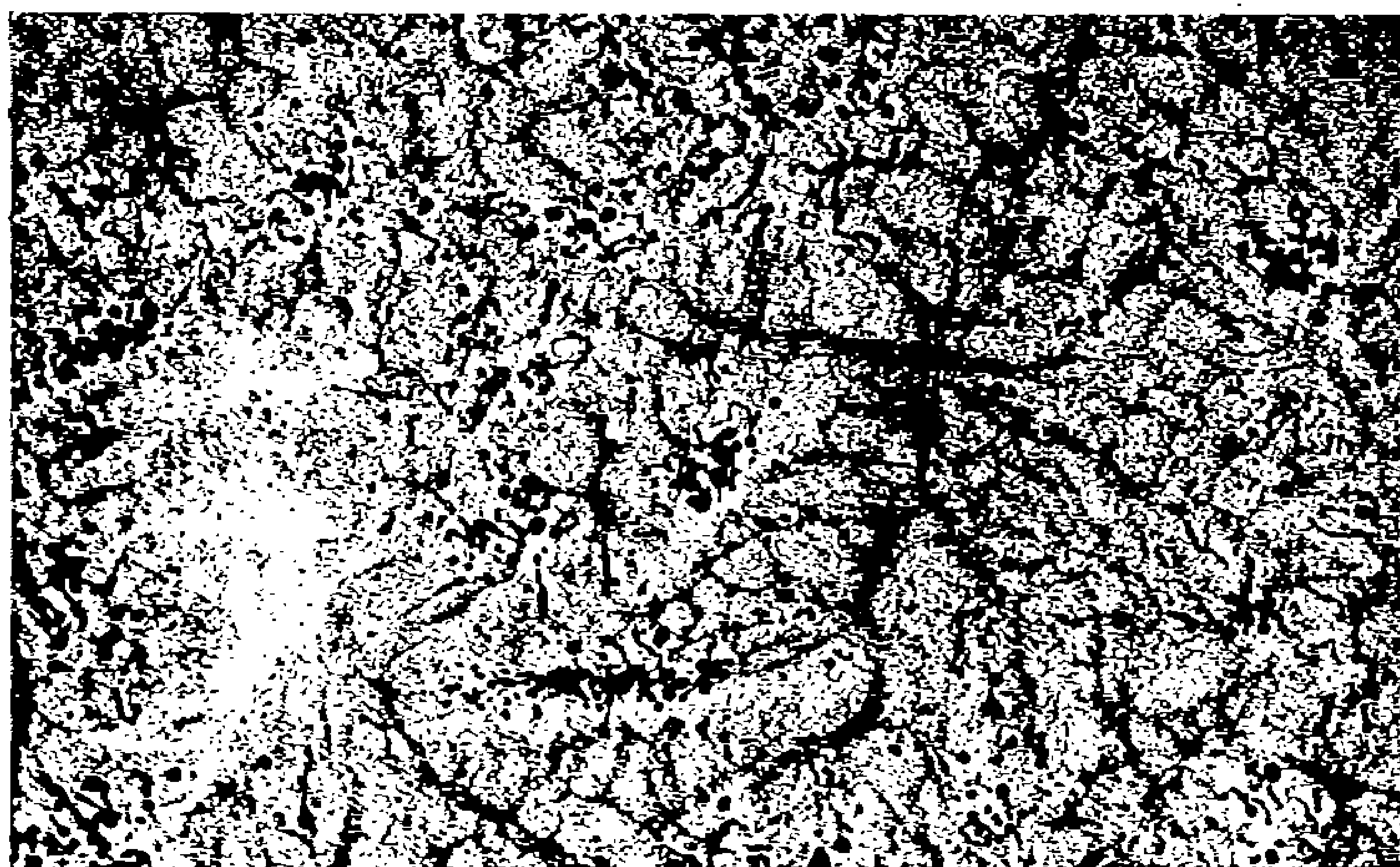


Fig. 2

On trouve dans le commerce des plaques et des pellicules photographiques, pour reproduction ou travaux photomécaniques, dont le grain est suffisamment fin pour permettre des agrandissements de 20 à 30 fois. L'échantillon à radiographier est mis en contact direct avec la couche sensible, l'ensemble étant placé dans une boîte étanche à la lumière, dont la face par laquelle entrent les rayons X est en papier noir, tandis que la face opposée est couverte d'une feuille de plomb.

L'irradiation est faite à l'aide d'un tube à rayons X quelconque pour radiographie, dans les conditions qui permettent d'obtenir une bonne macroradiographie. Toutefois le temps de pose sera une quinzaine de fois

plus long que celui nécessité pour la même radiographie sur films spéciaux pour rayons X. Le négatif est développé et fixé suivant l'indication du fabricant. Avant le séchage, à l'abri de poussières, il est bon de rincer le négatif à l'eau distillée.

Grâce à la grande surface et à l'épaisseur des échantillons, ainsi qu'à l'emploi des appareils agrandisseurs à champ visuel étendu, la semi-microradiographie procure une vue d'ensemble d'une partie relativement importante du métal examiné. De ce fait elle permet de se rendre compte, d'une manière particulièrement claire, d'une part des petits défauts du métal, tels que tapures, microcriques, microretassures, et d'autre part de la répartition des constituants de l'alliage. En outre cette technique est utile lors de l'examen des métaux plaqués ou shooppés et dans l'étude de la corrosion. Enfin, dans certains cas d'alliages coulés, la semi-microradiographie révèle très clairement la structure polycristalline et certains constituants. Ainsi le fragment de semi-microradiographie d'un alliage d'aluminium et de cuivre, contenant du plomb, représenté sur la figure 2 (épaisseur de l'éch. $0^{mm},5$; plaque *Collodium* Guilleminot; foyer du tube à rayons X : 2×2^{mm}; distance objet-foyer 60^{cm}; courant alternatif 47 kv, 1 mA; pose 5 min.; grossissement 20 d.), montre les cristaux pauvres en cuivre, limités par le constituant $CuAl^2$, qui apparaît sous forme de nervures sombres. Le plomb, insoluble, ramassé en gouttelettes ou remplissant l'espace intercristallin, est visible en noir, tandis que la tache blanche révèle une microretassure.

CHIMIE MINÉRALE — *Sur l'oxydation du sulfure de magnésium par le gaz carbonique.* Note (¹) de MM. **André Chrétien** et **Kjell Nielsen**.

Le gaz carbonique se comporte souvent comme un oxydant à température plus ou moins élevée. Pour certains corps simples : hydrogène, carbone, fer, les réactions correspondantes présentent un intérêt industriel de premier plan (équilibre du gaz à l'eau, équilibres de la sidérurgie), et des études remarquables ont été faites à leur sujet. Parmi les corps composés, les sulfures métalliques sont oxydés par le gaz carbonique à chaud; mais il ne semble pas exister d'étude approfondie à ce sujet. Cependant la question

---

(¹) Séance du 20 octobre 1941.

est intéressante; elle est en effet en relation avec la réduction des sulfates par le charbon, qui intervient dans diverses industries. Le produit normal de réduction est le sulfure, mais souvent on obtient un mélange de sulfure et d'oxyde; parfois même le sulfure n'apparaît pas. Or le sulfure serait plus favorable que l'oxyde pour l'extraction du métal, la chaleur de formation étant toujours moins élevée pour le sulfure que pour l'oxyde. Ainsi, pour le magnésium, les chaleurs de formation sont 145,8 kg/cal (oxyde) et 79,4 kg/cal (sulfure).

Nous avons étudié l'action du gaz carbonique sur le sulfure de magnésium dans des conditions expérimentales bien précisées.

L'installation adoptée pour les expériences définitives, après de nombreux essais, permet de faire passer un volume donné de gaz carbonique sur du sulfure et de recueillir séparément tous les produits qui interviennent.

L'appareil, tout en verre pyrex à l'exception du tube à réaction qui est en verre de silice, comporte une série de tubes verticaux servant de pièges qui font suite au tube à réaction horizontal; un tube mesureur de gaz de 500^{cm^3} est placé en tête, et un autre est en queue. Une pompe automatique à mercure permet de vider l'appareil et de séparer chaque fraction gazeuse.

Le gaz carbonique sec exempt d'oxygène, de titre en azote connu, est stocké par solidification totale à l'aide d'oxygène liquide; la quantité disponible est évaluée en mesurant la pression créée par l'azote dans une région bien délimitée de l'appareil, de volume jaugé.

La température à laquelle la réaction commence est déterminée séparément en faisant passer un courant de gaz carbonique de débit constant (gaz chassé d'un tube mesureur, sous une pression de 6^{cm^3} Hg, par une chute régulière de mercure obtenue à l'aide d'un système de Mariotte. On suit l'évolution de la température par Pt-Pt, Rh, dont la soudure chaude est placée dans la masse de sulfure. La courbe obtenue présente un crochet très accentué, qui dénote une réaction fortement exothermique. La réaction commence à 660° pour un débit de 30^{cm^3} par minute.

L'expérience est faite en mettant le sulfure à 700° au contact d'une atmosphère de gaz carbonique sous une pression réduite.

A titre d'exemple, pour une expérience, la masse de sulfure est $162^{mg},2$ et la pression est de $190^{mm},4$ Hg.

La pression reste très sensiblement invariable pendant la durée de la réaction qui est relativement lente, une dizaine de minutes. La réaction se fait donc sans variation du volume gazeux.

Les produits gazeux obtenus sont fractionnés par trois manipulations successives :

1° L'appareil est vidé de ses gaz avec la pompe. Un premier piège, refroidi par de l'oxygène liquide, arrête une partie des gaz par congélation; l'autre partie, qui traverse, est reçue dans un mesureur, puis transvasée

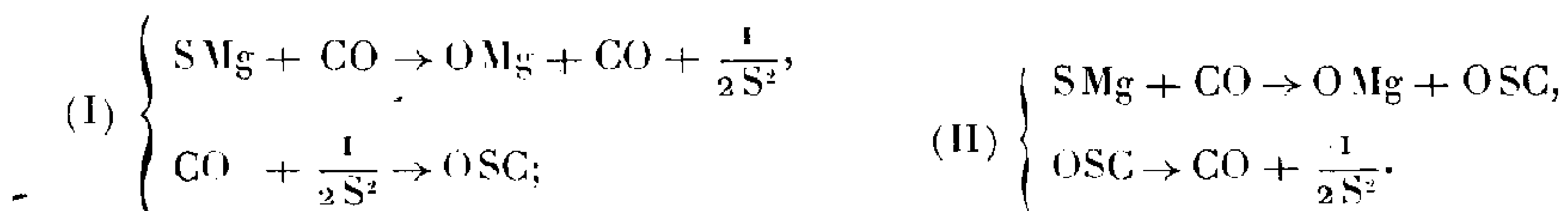
dans une burette de Bunte. L'analyse montre que l'oxyde de carbone en est le principal constituant : 90 à 95 % ; le reste est surtout du gaz carbonique.

2° Un deuxième piège est refroidi à —94° (équilibre acétone-liquide-acétone solide) et un troisième est refroidi par de l'oxygène liquide. La pompe est actionnée, puis le premier piège est réchauffé à 20°. Le gaz qui passe dans le mesureur est du gaz carbonique pur. Le deuxième piège n'arrête rien, ce qui exclut la présence du sulfure de carbone et du gaz sulfureux.

3° Le troisième piège est réchauffé à 20° et le gaz libéré est envoyé dans le mesureur. Cette fraction renferme du gaz carbonique. D'autre part, après absorption de ce dernier par une solution saturée de chlorure de sodium à 90°, le résidu est absorbé par de l'eau à raison de 0,54 volume de gaz par volume d'eau à 20°. Le même gaz, mis en tube scellé à 50° au contact d'une solution d'acétate basique de plomb donne un précipité de sulfure. Ces faits caractérisent l'oxysulfure de carbone OSC. L'existence de ce corps est confirmée par sa décomposition thermique en oxyde de carbone et soufre au contact d'un fil de platine porté au rouge électriquement.

Le produit solide laissé par la réaction du gaz carbonique sur le sulfure de magnésium est de la magnésie à 99 % environ ; le reste est du sulfure inaltéré.

Toutes les observations s'accordent pour montrer que le gaz carbonique oxyde, d'une manière pratiquement complète, le sulfure de magnésium en magnésie, molécule à molécule, à 700° sous pression réduite entre 150 et 200mm Hg. Il apparaît de l'oxyde de carbone, du soufre libre et de l'oxysulfure de carbone. L'oxydation du sulfure est suivie de la formation ou de la décomposition de l'oxysulfure



$$(\mathrm{I})\begin{cases}\mathrm{SMg} + \mathrm{CO} \rightarrow \mathrm{OMg} + \mathrm{CO} + \frac{1}{2}\mathrm{S}^2,\\ \mathrm{CO} + \frac{1}{2}\mathrm{S}^2 \rightarrow \mathrm{OSC};\end{cases} \qquad (\mathrm{II})\begin{cases}\mathrm{SMg} + \mathrm{CO} \rightarrow \mathrm{OMg} + \mathrm{OSC},\\ \mathrm{OSC} \rightarrow \mathrm{CO} + \frac{1}{2}\mathrm{S}^2.\end{cases}$$

Si le phénomène procède suivant une seule de ces deux possibilités, la première nous paraît la plus probable, en raison de deux faits : existence d'une grande quantité d'oxyde de carbone libre, 85 à 90 % contre 5 à 10 % seulement d'oxyde combiné comme oxysulfure, et absence de sulfure de carbone. La dissociation de l'oxysulfure devrait donner à 700° sous la

pression normale 16 % de CO et 41 % de CS^2 (²). L'oxysulfure formé par combinaison de l'oxyde de carbone et du soufre dans la région du tube portée au rouge est trop rapidement refroidi pour faire apparaître du sulfure de carbone par le second mode connu de dissociation $2OSC \rightarrow CO + CS^2$.

La préparation du sulfure de magnésium pur est délicate. Nous obtenons un produit à 99,5 % au moins en faisant passer un courant de gaz sulfhydrique sec sur le métal en poudre (tamis 120) placé dans une nacelle de graphite. Les conditions expérimentales sont bien précisées : débit gazeux soigneusement fixé (8^{cm} par minute au début, 15^{cm} à la fin; échauffement régulier; surchauffe évitée). La réaction commence vers 610°. Le métal restant (0,5 % environ) est éliminé par volatilisation dans le vide à 800°.

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude du rôle de l'eau dans les réactions à basse température entre le sesquioxyde de fer et les monoxydes métalliques.* Note (¹) de Mlle **Jacqueline Longuet**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avions montré (²) que certains composés du type Fe^2O^3MO (M étant un métal divalent) sont capables de se former, par ébullition dans l'eau, à partir des oxydes obtenus par co-précipitation, la durée de cette ébullition étant de quelques heures. Nous avons cherché à préciser le rôle de l'eau dans ce type de réaction.

Indiquons d'abord une expérience qui met en évidence la nécessité de la présence de l'eau : le mélange d'oxydes de fer et de nickel, par exemple, séché sous vide en présence d'anhydride phosphorique, ne donne aucune combinaison par ébullition à 78° dans l'alcool absolu, ou à 110° dans le toluène; au contraire, séché dans les mêmes conditions, il se transforme en ferrite ferromagnétique par ébullition dans l'eau; on obtient des résultats analogues lorsque l'oxyde de nickel est remplacé par l'oxyde de cobalt, de zinc ou de cuivre.

Dans le cas du cuivre, il y a un fait important à noter : on sait que l'hydroxyde perd son eau lentement à froid, et en deux ou trois minutes à l'ébullition et qu'il se transforme en oxyde de cuivre noir, cristallisé, facilement identifiable par son diagramme de rayons X; or la réaction de

(²) A. Stock, W. Siecke et E. Pohland, *Ber. d. chem. Ges.*, 57, 1924, p. 719.

(¹) Séance du 13 octobre 1941.

(²) H. Forestier et J. Longuet, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1729; J. Longuet, *Ibid.*, 213, 1941, p. 483.

formation du ferrite commence à être décelable seulement après une demi-heure à 100°, alors que l'oxyde de cuivre devrait être anhydre et cristallisé. Il semblait y avoir là une exception à la règle; cette contradiction apparente peut s'expliquer par le fait que l'oxyde ferrique sert de stabilisant au gel de l'hydroxyde cuivrique, et le maintient à l'état amorphe et hydraté : en effet, contrairement à ce qui se passe avec ce dernier lorsqu'il est seul, le précipité du mélange reste toujours amorphe, comme le montre le diagramme Debye-Sherrer, même après plusieurs jours; cette protection subsiste à 100°, car après cinq minutes d'ébullition, le spectre de rayons X n'indique aucune trace de cristallisation; cependant la combinaison n'est pas encore réalisée, puisque le cyanure de potassium est capable de dissoudre la totalité de l'oxyde cuivrique. Lorsque les deux hydroxydes sont précipités séparément, puis mélangés, ce rôle protecteur paraît supprimé, et la réaction n'a pas lieu; l'étude aux rayons X met simplement en évidence le diagramme de l'oxyde de cuivre anhydre cristallisé. L'oxyde de fer, dans ces conditions, n'a pas empêché la déshydratation et la cristallisation de l'hydroxyde de cuivre; il est donc indispensable de faire une précipitation simultanée pour obtenir des oxydes de fer et de cuivre susceptibles d'entrer en réaction par ébullition.

Dans le cas du nickel, du cobalt et du zinc, il n'est plus nécessaire de prendre cette précaution, car les hydroxydes divalents restent à l'état amorphe et hydraté, même sans gel protecteur; il est alors possible de procéder par précipitation séparée, et la combinaison s'effectue aussi rapidement, le magnétisme étant décelable après un séjour d'une demi-heure dans l'eau bouillante.

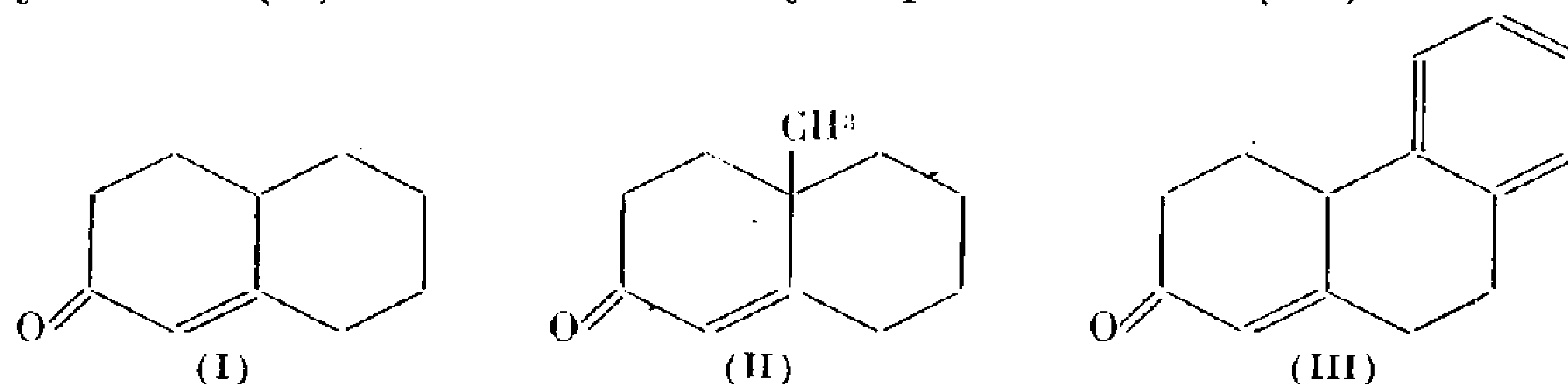
L'eau peut intervenir non seulement sous la forme liquide, mais encore à l'état de vapeur, car les mêmes oxydes sont combinés après un séjour de plusieurs heures dans un courant de vapeur d'eau à 150°, température à laquelle la réaction n'aurait pas lieu, en atmosphère sèche et entre produits déshydratés.

Ces résultats montrent que, si la réaction ne peut pratiquement se produire entre oxydes anhydres, par contre la présence de molécules H^2O (ou de groupement OH) fixés sur ces oxydes accroît considérablement leurs vitesses de réaction et permet ainsi leur combinaison dans une zone de températures très éloignée de celle à laquelle peuvent apparaître les phénomènes de diffusion dans l'état solide; de plus cette fixation des molécules H^2O (ou des groupements OH) semble favorisée par un état physique se rapprochant d'un gel.

Notons, par ailleurs, que les expériences effectuées en présence de vapeur d'eau pourraient être rapprochées des phénomènes géologiques hydrothermaux, et expliquer la formation, dans l'écorce terrestre, de certains minéraux comme la franklinite Fe^2O^3ZnO, par exemple, dont la présence dans le gisement de New Jersey, au voisinage de zincite et de willémite (formées à basse température), ne paraît pas avoir été clairement expliquée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèses au moyen des cétones β-chloréthylées.* Note de M. **Jean Décombe**, présentée par M. Marcel Delépine.

En cyclisant les dicétones-1-5 obtenues en condensant les éthers β-cétoniques avec les β-chloréthylcétones dont j'avais donné auparavant [1] un procédé de préparation simple, j'ai déjà décrit [2] un certain nombre d'homologues de la cyclohexène-1 one-3. Cette méthode, qui constitue une généralisation de celle de Blaise et Maire [3], a été depuis étendue à la préparation de quelques autres cyclohexénones, d'un type différent, dont les formules constituent le début du squelette carboné de la cholesténone. Ce sont le céto-2 octahydro-2.3.4.10.5.6.7.8 naphtalène (I), son dérivé méthylé en 10 (II) et le céto 2-hexahydrophénanthrène (III).



Les composés (I) et (II) avaient déjà été préparés par Mannich [4] dans de moins bonnes conditions d'économie et de rendement. La synthèse de ces cétones à partir des cétones β-chloréthylées fait l'objet des remarques suivantes :

1° La cyclohexanone se condense facilement avec le formol en présence de carbonate de potassium dans les conditions précédemment indiquées pour les cétones aliphatiques linéaires [1]. Il se forme de l'ortho-méthylol-

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 1685.
(2) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 681.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1908, p. 418.
(4) Mannich, Koch et Borkowski, *Ber. d. chem. Ges.*, 70, 1937, p. 355.

cyclohexanone bouillant à 164-165° sous 12^{mm} et donnant une phénylhydrazone fondant à 132°. Toutefois les rendements ne dépassent pas 30% (par rapport au formol) par suite de la formation simultanée de produits plus condensés.

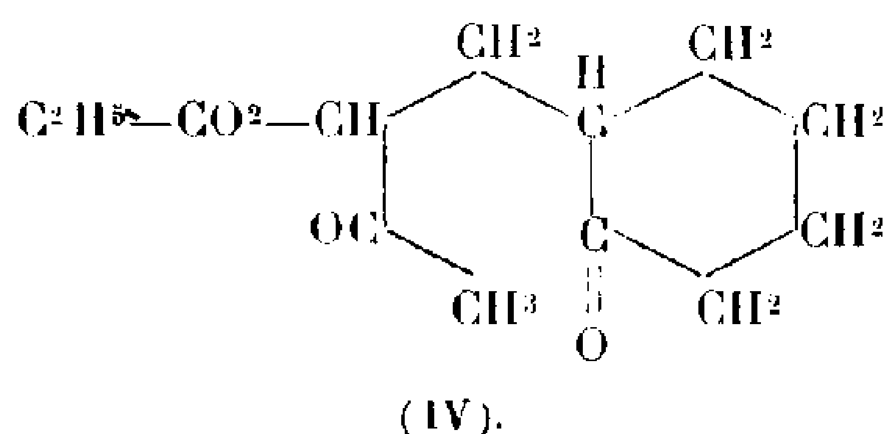
2° Le passage de ce cétol au dérivé chlorométhylé correspondant peut se faire, comme dans nos essais précédents, au moyen de l'acide chlorhydrique pur concentré. Mais, le produit se décomposant complètement sous l'action de la chaleur, il est plus avantageux de traiter le cétol, à froid, par une solution éthérée de gaz chlorhydrique sec. Le mélange, d'abord homogène, se trouble après quelques instants en laissant déposer une couche aqueuse que l'on décante. La solution est lavée à l'eau, puis séchée sur le sulfate de magnésium anhydre. On l'utilise telle quelle pour les réactions ultérieures, le dérivé chlorométhylé s'étant formé avec un rendement pratiquement quantitatif.

L'expérience a montré par la suite que cette dernière technique reste, *dans tous les cas*, la meilleure pour passer d'un β-cétol à fonction alcoolique primaire, *possédant encore au moins un atome d'hydrogène libre en α*, à son éther chlorhydrique.

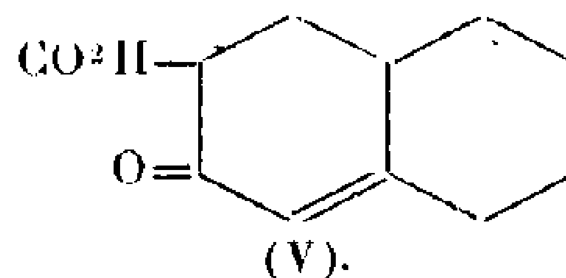
3° L'orthométhylcyclohexanone ne se condense plus que très difficilement avec le formol, et il n'a pas été possible d'isoler le dérivé méthylolé correspondant à l'état pur.

4° La tétralone se condense bien avec le formol en milieu alcalin, mais elle conduit presque exclusivement à une méthylen-*bis*-tétralone, fondant à 107°.

Synthèse de la cétone (I), $C^{10}H^{14}O$. — Ce composé a été préparé en traitant, au sein de l'éther, le dérivé sodé de l'éther acétylacétique par la quantité équimoléculaire de chlorométhylcyclohexanone préparée comme il a été dit précédemment. On obtient d'abord, avec d'excellents rendements, le β-orthocétocyclohexyl-α-acétylpropionate d'éthyle fondant à 145-146° (IV). Celui-ci se dissout lentement à froid dans une lessive de potasse à 4,5 % (3 à 4 jours), et la solution, neutralisée par l'acide chlorhydrique, laisse déposer une poudre cristalline possédant la formule (V).



(IV).



(V).

Celle-ci perd du gaz carbonique à 100° en se transformant en la cétone (I), bouillant à 137° sous 14mm et donnant une semicarbazone fondant à 210°.

Synthèse de la cétone (II), $C^{11}H^{16}O$. — Cette cétone a été préparée en condensant la chloréthylméthylcétone avec le dérivé sodé de l'orthométhylcyclohexanone. Les rendements sont mauvais (10 % en produit pur final), sans doute à cause de la formation d'un dérivé de la cyclohexylidène-cyclohexanone, comme cela a été observé par Haller ([5]). Il n'est pas possible d'isoler de produits intermédiaires. Le produit brut de la réaction est saponifié par de la potasse alcoolique et l'on entraîne à la vapeur d'eau. La cétone (II) bout à 142-148° sous 14mm et donne une semicarbazone fondant à 220-225°.

Synthèse du céto.2-hexahydrophénanthrène (III), $C^{14}H^{14}O$. — Comme la précédente, cette synthèse a été faite en condensant la chloréthylméthylcétone avec le dérivé sodé de la tétralone. Dans ce cas encore les rendements sont faibles par suite d'une sodation difficile de la tétralone. On les améliore considérablement en utilisant la tétralone-carbonate d'éthyle qui se sode très bien. Le produit brut de la réaction a été saponifié directement par la potasse alcoolique. Après les traitements ordinaires on obtient le céto.2-hexahydrophénanthrène avec un rendement de 42 %. Il bout à 175-180° sous 3mm et se prend lentement en masse cristalline fondant à 80°.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action de l'hypobromite de potassium sur l'α-benzyl-α.α'-diméthylacétamide.* Note de M. **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

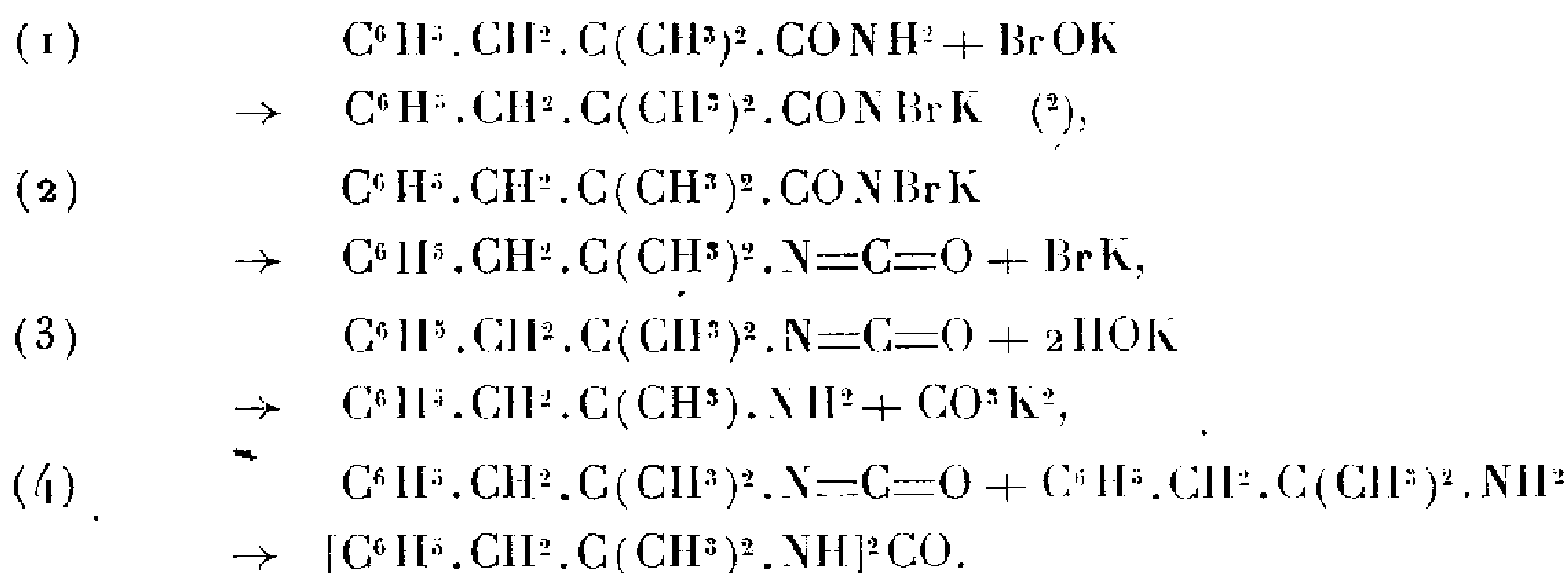
On sait que l'α-benzyl α-méthylacétamide subit très facilement la dégradation de Hofmann en donnant directement la β-phénylisopropylamine ([1]). En appliquant la même réaction à l'α-benzyl-α.α'-diméthylacétamide, l'amine correspondante ne se forme pratiquement pas quelles que soient les conditions expérimentales. Par contre, l'amide trisubstituée se dissout presque instantanément dans la solution d'hypobromite en donnant naissance à un éther isocyanique (I) et à une urée symétrique (II)


(I) $C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.N{=}C{=}O$, $[C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.NH]^2CO$ (II).

([5]) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1201.

([1]) Edelbanu, *Ber. d. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 618.

L'éther isocyanique se forme en quantité presque théorique à condition d'éviter l'élévation de température; par contre, en opérant à 60° et en prolongeant l'action de la solution alcaline, on obtient uniquement l'urée disubstituée avec un très bon rendement. Les équations suivantes rendent compte de ces faits :



(1) $C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.CONH^2 + BrOK$
$\rightarrow C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.CONBrK$ (²),

(2) $C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.CONBrK$
$\rightarrow C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.N{=}C{=}O + BrK$,

(3) $C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.N{=}C{=}O + 2HOK$
$\rightarrow C^6H^5.CH^2.C(CH^3).NH^2 + CO^3K^2$,

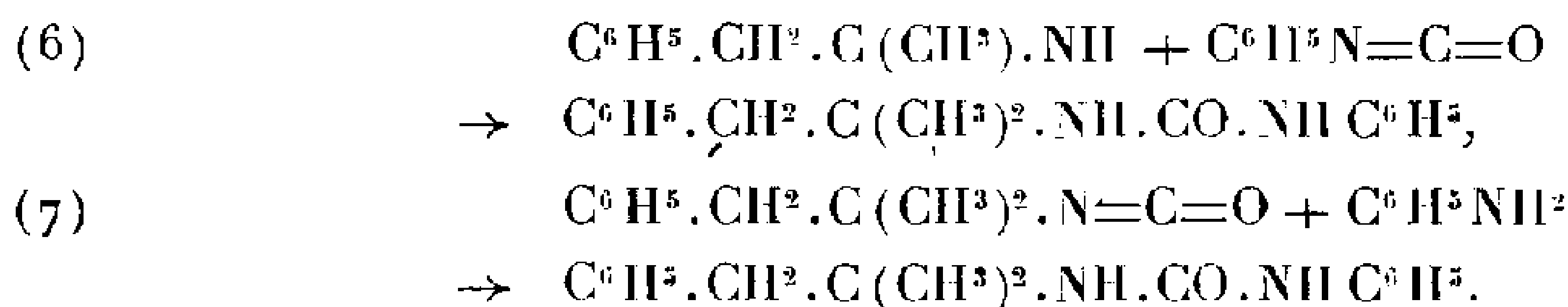
(4) $C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.N{=}C{=}O + C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.NH^2$
$\rightarrow [C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.NH]^2CO$.

A la lumière des faits que nous avons observés, la marche anormale de la réaction de Hofmann dans ce cas particulier s'explique parfaitement. L'éther isocyanique qui se forme est relativement stable vis-à-vis des solutions alcalines froides; mais dès 40° il y a hydrolyse et apparition d'α-benzylisopropylamine [équation (3)]. Cependant, comme nous avons pu le montrer, l'isocyanate se combine à l'amine avec une telle rapidité que cette dernière est instantanément bloquée à l'état d'urée symétrique [équation (4)] dont la décomposition est possible seulement vers 230° en présence d'un excès de chaux éteinte suivant l'équation (5).



(5) $[C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.NH]^2CO + Ca(OH)^2 \rightarrow 2C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.NH^2 + CO^3Ca$.

Pour prouver que l'amine ainsi obtenue est bien l'α-benzylisopropylamine, nous ne nous sommes pas contenté de la faire réagir sur l'éther isocyanique en vue de régénérer l'urée [équation (4)], mais nous l'avons également condensée avec l'isocyanate de phényle [équation (6)], et l'urée disubstituée ainsi obtenue est la même que celle qui provient de l'action de l'aniline sur l'isocyanate de β-phényl-α.α'-diméthyléthyle [équation (7)].



(6) $C^6H^5.CH^2.C(CH^3).NH + C^6H^5N{=}C{=}O$
$\rightarrow C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.NH.CO.NH\,C^6H^5$,

(7) $C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.N{=}C{=}O + C^6H^5NH^2$
$\rightarrow C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.NH.CO.NH\,C^6H^5$.

(²) Nous n'avons pas jusqu'ici isolé l'amide bromopotassique, mais le travail de Ch. Mauguin (*Comptes rendus*, **149**, 1909, p. 790) nous permet d'admettre sa formation passagère.

$C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.N=C=O$; $C^{11}H^{13}ON$, *isocyanate de β-phényl-α.α'-diméthyléthyle.* — 10g de benzyldiméthylacétamide ([3]) en poudre fine suspendue dans 120g d'eau distillée sont versés d'un seul coup dans une solution renfermant 10g de brome, 25g de KOH et 100g d'eau; agiter énergiquement tout en refroidissant sous l'eau; après 2 à 3 minutes la solution est décolorée et l'isocyanate surnage; le décanter, épuiser la solution alcaline trois fois à l'éther; réunir l'isocyanate décanté et la solution éthérée, laver trois fois à l'eau distillée, sécher sur SO^4Na^2 sec et chasser l'éther. Le résidu est additionné de 10g de benzène et abandonné 24 heures à la glacière. Essorer l'urée symétrique qui se forme toujours en petite quantité et évaporer la solution benzénique. Il reste 7g d'isocyanate de β-phényl-α.α'-diméthyléthyle qui se présente sous forme d'un liquide mobile, à odeur agréable, soluble dans l'alcool, l'éther et le benzène, E_{20} 112-115°; E_{760} 225°.

$[C^6H^5CH^2.C(CH^3)^2NH]^2CO$, $C^{21}H^{28}ON^2$, *di-(β-phényl-α.α'-diméthyléthyl-) urée symétrique.* — Opérer comme précédemment, mais au lieu de refroidir le mélange de benzyldiméthylacétamide et d'hypobromite, on le porte à 60° pendant 2 heures; l'urée se sépare sous forme cristallisée; l'essorer, la laver à l'eau et la sécher. Rendement 8g. Après cristallisation dans l'alcool bouillant, elle fond à 184-185°; elle se présente alors sous forme de fines aiguilles soyeuses, insolubles dans l'eau et dans l'alcool, très peu solubles dans l'éther, plus solubles dans l'alcool bouillant, sublimables sans décomposition.

$C^6H^5.CH^2.C(CH^3)^2.NH^2$; $C^{10}H^{15}N$, *α-benzylisopropylamine.* — L'urée précédemment obtenue est triturée en présence de 4 fois son poids de chaux éteinte et de 1,5 fois son poids d'eau, conformément aux indications de Jeffreys ([4]), avec la seule différence qu'il faut chauffer jusqu'à ce que l'intérieur de la masse soit au moins à 230°. L'amine distille en même temps qu'un peu d'eau; décanter, épuiser l'eau à l'éther, sécher la solution de l'amine sur SO^4Na^2 et chasser l'éther; rendement 80%; liquide incolore; odeur rappelant celle de la β-phénylisopropylamine E_{760} 203°-205°.

Une solution éthérée de l'amine, additionnée d'isocyanate de β-phényl-α.α'-diméthyléthyle à molécules égales, réagit instantanément avec élévation de température et formation de l'urée symétrique correspondante (PF 184-185°).

$C^6H^5.CH^2C(CH^3)^2.NH.CO.NHC^6H^5$. $C^{17}H^{20}ON^2$, *1-β-phényl-α.α'-diméthyléthyl-2 phénylurée.* — Ce corps s'obtient par action d'une solution éthérée de l'amine précédente sur une solution à molécules égales d'isocyanate de phényle; la réaction est moins rapide. On abandonne l'éther à l'évaporation spontanée; l'urée est recristallisée dans l'alcool ou le benzène; elle fond à 150-151° et est identique à celle qui prend naissance par action de l'aniline sur l'isocyanate de β-phényl-α.α'-diméthyléthyle.

Le mélange des deux substances ne présente pas d'abaissement du point de fusion.

Notons pour terminer que l'action de l'hypobromite sur les amides αtrisubstituées a été très rarement étudiée jusqu'ici. Seul le travail de

([3]) Haller et Bauer, *Comptes rendus*, 149, 1909, p. 5.

([4]) *Ber. d. chem. Ges.*, 30, 1897, p. 900.

Mlle Montagne et M. Casteran [5], qui ont les premiers démontré que de telles amides se transposent facilement en éthers isocyaniques, a été à notre connaissance publié sur la question. Il faut toutefois noter que van Erp [6], en étudiant l'action de l'hypobromite sur l'amide triméthylacétique $(CH^3)^3C.CO.NH^2$, a fait les observations suivantes : « Il y a réaction avec dégagement de chaleur et d'une odeur piquante; la distillation donne très peu d'amine, mais il se forme une poudre dont l'analyse répond à la formule $(CH^3)^3C{-}NH.CO.NH{-}C(CH^3)^3$ ».

Le corps à odeur piquante dont parle cet auteur et qu'il n'a malheureusement pas identifié est très probablement l'éther isocyanique $(CH^3)^3{-}C{-}N{=}C{=}O$. Nous nous proposons de le vérifier. En tout cas la dégradation des amides α trisubstituées en éthers isocyaniques et non en amines nous semble dès maintenant pouvoir être considérée comme très générale.

PÉDOLOGIE. — *Sur un appareil permettant la détermination de la conductibilité thermique des sols.* Note [1] de M. **Vsevolod Romanovsky.**

L'étude des conditions de la polygonation des sols du Spitzberg, dans l'hypothèse d'une origine convective [2], comporte la détermination de la conductibilité thermique de ces sols.

Un petit appareil simple a été construit et mis au point dans ce but; il est essentiellement formé de deux cylindres coaxiaux en verre; le cylindre extérieur, rempli de copeaux de liège de première qualité, sert d'enceinte isolante; le cylindre intérieur reçoit l'échantillon à analyser. Le flux de chaleur provenant de la résistance R, régularisé par la couche d'air A, est transmis au liquide par la plaque d'aluminium B. On chauffe, en faisant varier l'intensité du courant pour obtenir une température constante Θ_1 au thermomètre T_1; on note le temps que met le thermomètre T_2 à arriver à un régime permanent Θ_2.

La chaleur spécifique du liège utilisé a été mesurée et la quantité de

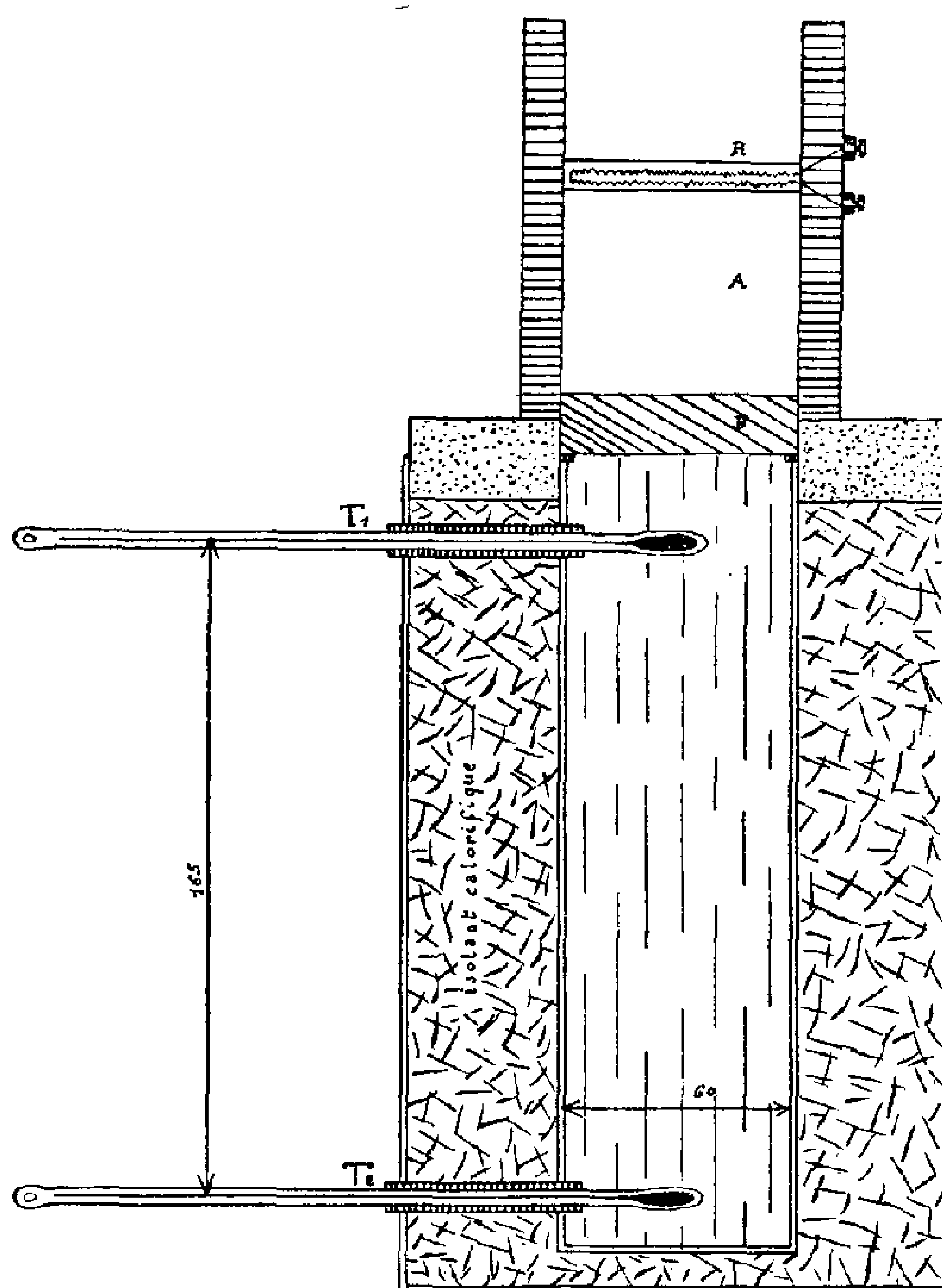
---

(5) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 139.
(6) *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 14, 1895, p. 16.

(1) Séance du 6 octobre 1941.
(2) V. Romanovsky, *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 359-360.

chaleur perdue par les parois a également pu être déterminée. Celle-ci constitue le terme correctif le plus important.

Une dizaine d'expériences ont été faites en se servant d'eau distillée; elles ont donné, pour le coefficient χ de conductibilité thermique, des valeurs



qui ne diffèrent de la valeur admise (140.10^{-5}) que de 15.10^{-5}. L'erreur relative est donc seulement de 10 %. L'appareil permet donc des mesures dont la précision est largement suffisante pour la mesure du coefficient de conductibilité thermique des sols.

Les deux échantillons du Spitzberg qui ont été analysés ont donné respectivement les résultats suivants :

	θ_1.	θ_2.	t (h. m.).	C*.	Q (cal/g).	χ (C. G. S.).
1........	39°	30°	15,30	0,64	3767	450.10^{-5}
2........	39	30	17,40	0,78	3586	375.10^{-5}

* (La chaleur spécifique a été mesurée au calorimètre.)

Ces résultats conduisent à faire quelques remarques sur le processus de la propagation du flux de chaleur à travers la masse de boue.

Trois hypothèses pourraient être envisagées :

1° La conductibilité se fait par les particules solides qui se touchent. Dans ce cas, le coefficient de conductibilité thermique doit avoir une valeur moyenne entre les valeurs des coefficients des constituants minéralogiques de l'ensemble (calcite $540 . 10^{-5}$, quartz $1600 . 10^{-5}$).

2° Il y a interruption dans la chaîne des particules; la conductibilité thermique de l'ensemble est alors une combinaison entre la conductibilité de l'eau et celle des constitutions minéralogiques. Ce cas supposerait une instabilité qu'il est illogique de prévoir.

3° Le transport de la chaleur se fait par les particules et les ions de la couche de solvatation; dans ce cas le coefficient de conductibilité thermique se rapprochera de celui de l'eau, mais il sera impossible de prévoir sa valeur, qui dépendra très peu des constituants minéralogiques de l'ensemble.

Les résultats de l'expérience semblent justifier la troisième hypothèse.

GÉOLOGIE. — *Sur les déformations de la surface hammadienne et sur les mouvements atlasiques récents dans l'Anti-Atlas.* Note (¹) de M. **Georges Choubert**, présentée par M. Charles Jacob.

J'ai montré (²) qu'il existe dans le Sud marocain une pénéplaine probablement éocène, la *surface hammadienne*. Surface d'arasion dans l'Anti-Alas et de comblement au Sud de la chaîne, cette pénéplaine a subi au cours du Tertiaire des déformations plus ou moins importantes, répercutant les plissements du Haut Atlas (³). On peut distinguer par leur style deux sortes de déformations qui sont vraisemblablement d'âge différent.

1. Les premières, à large rayon de courbure, doivent être considérées comme survenues immédiatement après le dépôt des calcaires lacustres qui couronne le Hammada. Elles correspondent à la phase 4 de P. Fallot, post-éocène, et antérieure à l'Oligo-Miocène. L'Anti-Atlas a été soulevé en un vaste pli de fond, ce qui a amorcé un nouveau cycle d'érosion.

(¹) Séance du 29 septembre 1941.

(²) G. Choubert, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 491.

(³) P. Fallot, *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 556 et 648.

En attaquant la surface hammadienne, ce cycle aboutit à la formation de la série détritique dite Oligo-Miocène. La zone synclinale séparant l'Anti-Atlas du Haut-Atlas fut comblée par ces dépôts, qui ont ainsi ennoyé le relief nouvellement créé.

La reconstitution de la surface hammadienne dans l'Anti-Atlas permet de se rendre compte de l'allure générale de cette déformation, dont l'axe, dirigé d'abord E-W (zone axiale de l'Anti-Atlas), s'incurve ensuite vers le S-W (région d'Aït Abdallah-Kerdous), et, à travers la région de Taghjicht, vient aboutir au Drâ, entre El Ayoun et Aouinet Torkoz.

S'il est relativement facile de déterminer les grandes lignes de cette déformation principale, il n'en est plus de même en ce qui concerne ses détails, les érosions oligo-miocènes et plus récentes ayant effacé l'ancienne pénéplaine en lui substituant le relief actuel.

Ce n'est qu'au Sud du Drâ, le long de la bordure de la Hammada elle-même, qu'on peut encore rencontrer des exemples de ces déformations de détail. Tel est le cas de l'anticlinal de l'O. Zemmoul, dont l'axe, orienté ENE-WSW, se dirige vers Tinfouchy. Il est bordé au Nord par une Hammada synclinale très découpée. Ce large anticlinal affectant la Hammada se superpose à un anticlinal ancien qui intéresse la série dévonienne.

2. La deuxième série de déformations est d'un style cassant, tout différent du précédent; anticlinaux brusques, aigus, à tectonique violente, toujours accompagnés de failles. Ici aussi, ce sont d'anciens axes tectoniques hercyniens qui sont repris par les mouvements récents. Cependant leur style cassant s'oppose au style plastique de la tectonique ancienne; les accidents rompent la surface hammadienne et créent des reliefs entièrement rajeunis par l'érosion récente. Ils ont une orientation générale E-W, avec des tronçons NW-SE ou SW-NE. J'en citerai deux cas typiques :

a. Le Djebel Maouas, qui borde au Sud-Est le dôme éventré des Zenega, est suivi le long de son flanc Sud-Est par une faille qui décale brusquement la surface hammadienne. En effet, sur la lèvre soulevée de la faille, le plateau légèrement découpé du Djebel Maouas donne un des plus beaux exemples de cette surface, dont la régularité est frappante. La lèvre Sud permet de retrouver la même surface, mais abaissée par la faille de près de 200^m.

b. Une série de montagnes longe au Nord, depuis le Dj. Ououghis (Tata), la piste de Tata-Imiteq-Foum Amara et se continue à l'Ouest de l'Oued Akka. Le flanc Sud de cet alignement, redressé ou même

renversé, est suivi par une ou plusieurs failles. La surface hammadienne, conservée dans les collines de la lèvre abaissée, montre que le rejet peut atteindre 300m. Ces failles traversent le Bani au Kheneg Braïm et redressent, jusqu'au delà du Foum Addis, les quartzites ordoviciens qui les constituent. Les replis secondaires en genou, d'âge hercynien, qui tout le long du Bani affectent les dalles quartzitiques, apparaissent de ce fait dans une position anormale, preuve supplémentaire de l'âge récent du redressement.

D'autres exemples de ces accidents peuvent être retrouvés sur le flanc Nord de la chaîne, telle par exemple la faille de l'Oued Aghrène qui décale de plus de 50m la surface hammadienne très bien conservée de part et d'autre.

Il est vraisemblable que les deux séries de déformations ne sont pas dues aux mêmes mouvements. Les considérations morphologiques ci-après permettent de penser que la deuxième est la plus récente et postérieure au dépôt de l'Oligo-Miocène.

Le réseau hydrographique de l'Anti-Atlas est très ancien, et ses grandes lignes étaient déjà acquises au temps de la pénéplaine hammadienne, les Oueds principaux (Drâ supérieur, Zguid, Tissint, Tata, Akka etc.) serpentaient sur cette surface et se jetaient dans le lac de la Hammada. Lors des mouvements post-éocènes, soulevant l'Anti-Atlas, ce lac a disparu et fut remplacé par un collecteur commun, conduisant les eaux vers l'Océan. C'est l'histoire de la naissance du Drâ inférieur et de son coude de capture. Pendant le cycle d'érosion oligo-miocène, les oueds ont approfondi sur place leurs gorges surimposées. Sauf l'Oued Aghrène, qui suit la faille évoquée plus haut, leurs cours ne sont pas dérangés par les accidents faillés décrits ci-dessus. Ce fait semble prouver qu'ils étaient déjà suffisamment encaissés pour ne plus pouvoir changer de tracé, et par conséquent, que ces accidents sont bien postérieurs au cycle oligo-miocène.

MÉCANIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Ondes de gravité produites dans un courant aérien par une petite chaîne de montagnes.* Note [1] de M. **Paul Queney**, présentée par M. Charles Maurain.

L'hydrodynamique de l'atmosphère dépend essentiellement de l'ordre de grandeur des phénomènes étudiés. A petite échelle (100m), un courant

(1) Séance du 29 septembre 1941.

aérien franchissant une chaîne montagneuse peut être considéré comme homogène, incompressible et soustrait à la rotation terrestre; on a alors une déformation qui décroît régulièrement lorsqu'on s'élève, et qui devient inappréciable à une distance de l'ordre de grandeur de la largeur de la chaîne. A échelle moyenne (10^{km}), on peut encore négliger la compressibilité et la rotation terrestre, mais la stabilité verticale de l'air intervient et donne lieu aux perturbations de gravité : l'action d'un massif montagneux prend alors le caractère ondulatoire et se fait sentir à de grandes distances; j'ai déjà signalé autrefois (²) ce fait important, et je me propose ici d'indiquer la solution complète du problème lorsque la hauteur du massif est petite et qu'on néglige le frottement et les condensations nuageuses. A l'échelle encore plus grande des dépressions atmosphériques (1000^{km}), ce sont les ondes d'inertie qui dominent vraisemblablement.

Dans un fluide au repos ayant un coefficient de stabilité uniforme $\sigma = (g/\theta')(d\theta'/dz)$ (θ', température potentielle; z, altitude; g, accélération de la pesanteur), les ondes harmoniques de gravité sont des ondes planes, à vibrations rectilignes et transversales, et caractérisées par l'équation de dispersion $P = \sqrt{\sigma}\sin\varphi$ (P, pulsation; φ, angle de l'onde avec l'horizon); elles peuvent subir des réflexions et réfractions sur les discontinuités, tout comme les ondes sonores par exemple. Dans la troposphère de la zone tempérée, on a $\sigma = 10^{-4}$ MTS en moyenne, et il existe fréquemment des surfaces de discontinuité pouvant donner lieu à des ondes de gravité stationnaires.

Lorsque le relief du sol consiste en plis sinusoïdaux de faible hauteur, son action sur un courant aérien uniforme, à échelle moyenne, est assimilable à un système d'ondes de gravité forcées de pulsation $2\pi u/\lambda$ (λ, longueur d'onde; u, composante de la vitesse du courant normale aux plis); deux cas sont à distinguer : 1° pour $\lambda > \lambda_0 = 2\pi u/\sqrt{\sigma}$, l'équation de dispersion donne pour φ une valeur réelle, et la perturbation se compose d'une onde se propageant vers le bas et d'une onde symétrique allant vers le haut, la dernière existant seule si le courant n'a pas de limite supérieure; 2° pour $\lambda < \lambda_0$, on a deux ondes de surface exponentiellement amortie, l'une vers le bas, l'autre vers le haut, la seconde convenant seule à un courant illimité. En généralisant par l'intégrale de Fourier, on obtient l'action d'un relief quelconque, et l'on voit apparaître alors les

(¹) *La Météorologie*, 1936, pp. 334 et 453, ou *Thèse*, Paris, 1936.

ondes ayant la longueur d'onde critique λ_0; dans ce qui suit, nous prendrons pour unité de longueur $\lambda_0/2\pi$ et pour unité de densité d la densité au sol.

a. Dans le cas d'une chaîne étroite de section constante S (*fig*. 1), assi-

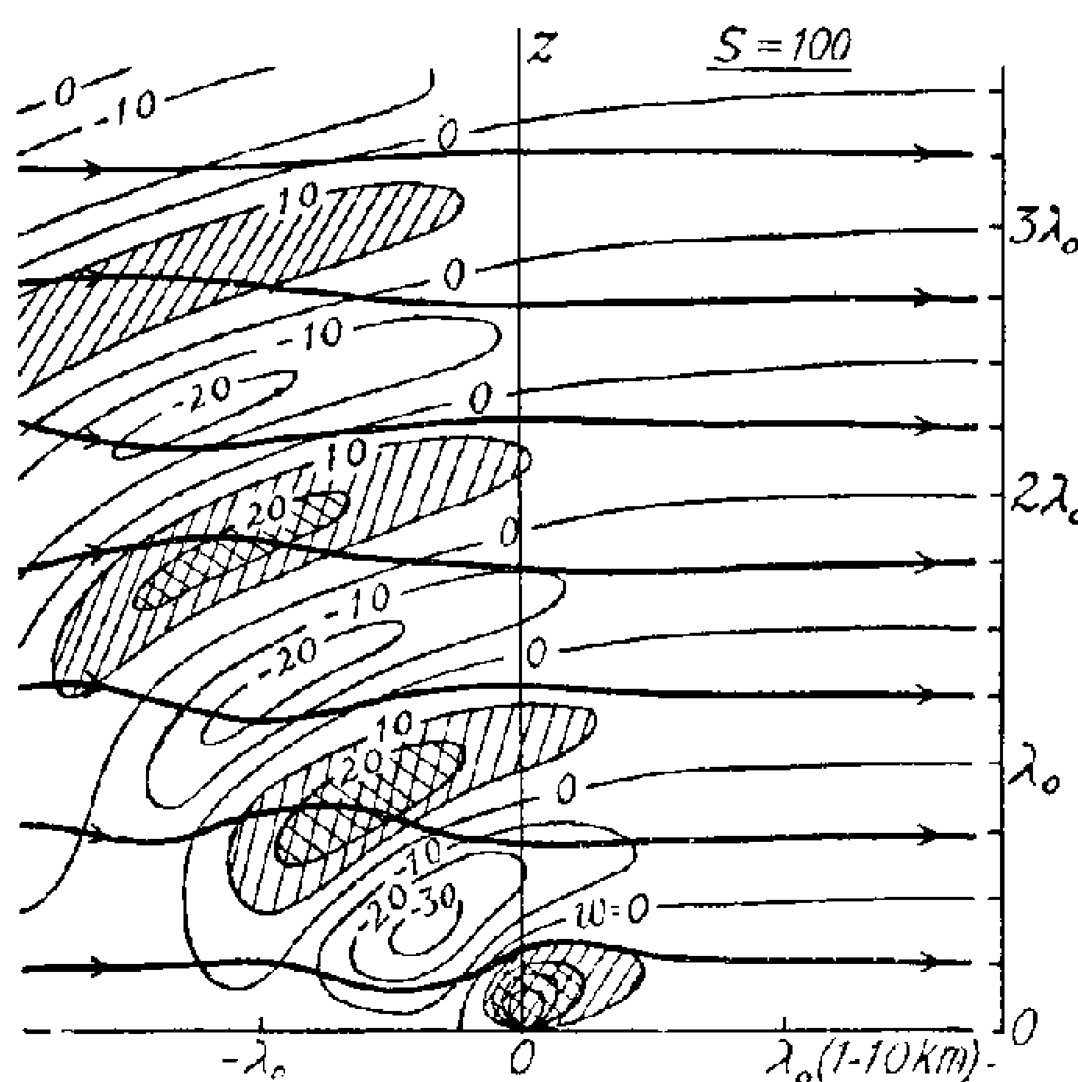


Fig. 1.

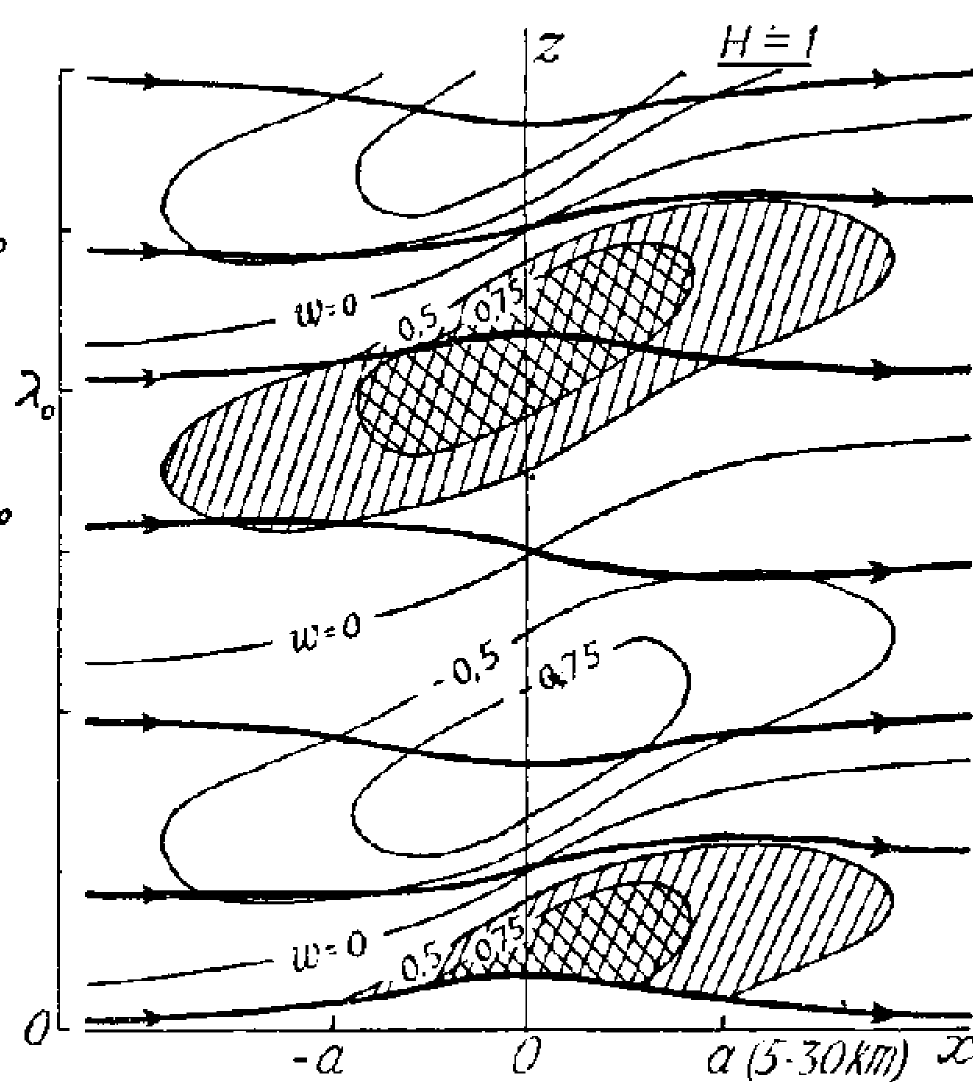


Fig. 2.

milable à une chaîne infiniment concentrée suivant oy, le déplacement vertical Δz se calcule en coordonnées cylindriques θ, r, y, au moyen d'un développement de Fourier rapidement convergent pour $r \sim 1$

$$(1) \qquad w = \sqrt{d}\,\Delta z = -\frac{S}{2\pi} Y_1(r)\sin\theta + \frac{2S}{\pi}\left[\left(\frac{1}{1}-\frac{1}{3}\right)J_2(r)\sin 2\theta + \left(\frac{1}{3}-\frac{1}{5}\right)J_4(r)\sin 4\theta + \ldots\right],$$

$\theta = 0$ correspondant à l'horizontale dirigée vers l'aval, et Y_1, J_2, ... désignant des fonctions de Bessel courantes. Pour $r \gg 1$, on a l'expression asymptotique, valable pour $\rho = x/\sqrt{2z} \gg 1$,

$$(2) \qquad w \sim \frac{S}{\pi}\frac{\sin z}{x} + \varepsilon S \sin\theta \sqrt{\frac{2}{\pi r}} \cos\left(r - \frac{\pi}{4}\right) \qquad \text{avec } \varepsilon = \begin{cases} 0, & \text{pour } x > 0, \\ 1, & \text{pour } x < 0, \end{cases}$$

tandis que pour $\rho \sim 1$, on a

$$(3) \qquad w \sim \frac{S}{\pi}\sqrt{\frac{2}{r}}\left(\cos r \int_\rho^\infty \cos t^2\,dt + \sin r \int_\rho^\infty \sin t^2\,dt\right).$$

A très grande distance la région perturbée se concentre donc de plus en plus à l'amont et près de la verticale, où elle est bordée par une zone de franges de Fresnel (analogie avec les régions d'ombre en optique).

b. Dans le cas d'une chaîne large, les termes en $\cos[r-(\pi/4)]$ dus aux différents éléments se détruisent par interférence dans les directions obliques, ce qui fait que la dissymétrie précédente disparaît; pour un relief d'équation $z = \mathrm{H}[a^2/(a^2+x^2)]$ (*fig*. 2), qui se prête bien au calcul, on a, en supposant $a \ll 1$ et $z \gg a^2+x^2$,

$$(4) \qquad w \sim \mathrm{H}\frac{a^2\cos z + ax\sin z}{a^2+x^2}.$$

Les deux points principaux qui ressortent des figures sont l'existence d'une *succession de zones d'ascendance et de trous d'air* au-dessus de la chaîne et plutôt vers l'amont (résultat important pour le vol à voile), et la *tendance des nuages de relief à se répartir en couches distinctes superposées, les nuages bas étant déportés vers l'aval*. Au voisinage de la chaîne des Dômes, près de Clermont-Ferrand, on observe très souvent dans une couche de nuages moyens une éclaircie stationnaire, située un peu à l'aval, et dont l'explication semble fournie par la théorie précédente.

TOXICOLOGIE VÉGÉTALE. — *Toxicité des coques de cacao et influence de celles-ci sur la toxicité de la caféine*. Note (¹) de M. **Louis Millat**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les *coques de cacao*, c'est-à-dire les téguments de l'amande de cacao, qui ont été introduites dans l'alimentation humaine, contiennent de 0,66 à 0,70 % (²) et même 1,09 % (³) de théobromine et de 0,18 à 0,26 % (²) de caféine. Il nous a paru utile d'évaluer leur toxicité avec l'exactitude que permet l'emploi des méthodes statistiques modernes. Nous avons utilisé des coques de cacao torréfiées en présence d'une petite quantité de bicarbonate de sodium. Extraites par trois fois leur poids d'eau bouillante, pendant 2 heures, elles nous ont donné un liquide brun très foncé dont l'odeur rappelait à la fois celle du café et celle du chocolat. Cette solution

(¹) Séance du 20 octobre 1941.

(²) Marchadier et Goujon, *Journ. de Pharm. et de Chimie*, 7ᵉ sér., 20, 1919, p. 209.

(³) F. Rothea, *Bull. des Sc. pharmacol.*, 27, 1920, p. 355.

a été injectée dans le péritoine de Cobayes à des doses variant de 9 à 25^{cm^3}, chaque dose étant administrée à un lot de 20 animaux dont on notait, après 12 heures, la mort ou la survie. Voici la courbe de toxicité que nous avons obtenue.

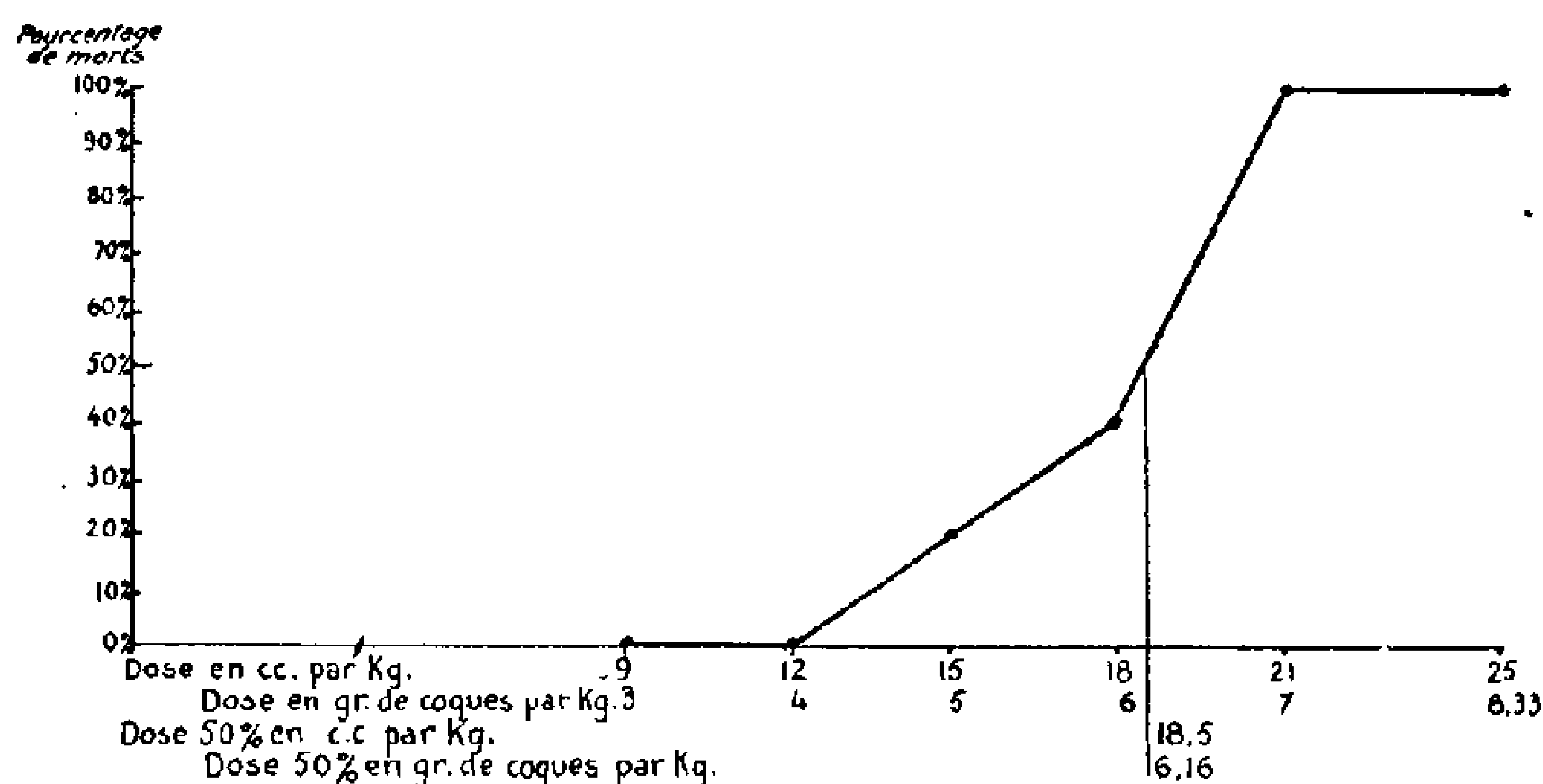


Fig. 1.

La dose mortelle 50 % est donc, par kilogramme d'animal, de 18^{cm^3},5 de solution, ce qui correspond à 6^g,16 de coques de cacao. La dose maxima tolérée est par kilogramme d'animal de 12^{cm^3}, donc de 4^g de coques de cacao. La toxicité de ces coques est donc très faible.

Afin de savoir comment l'addition de coques de cacao au café modifie

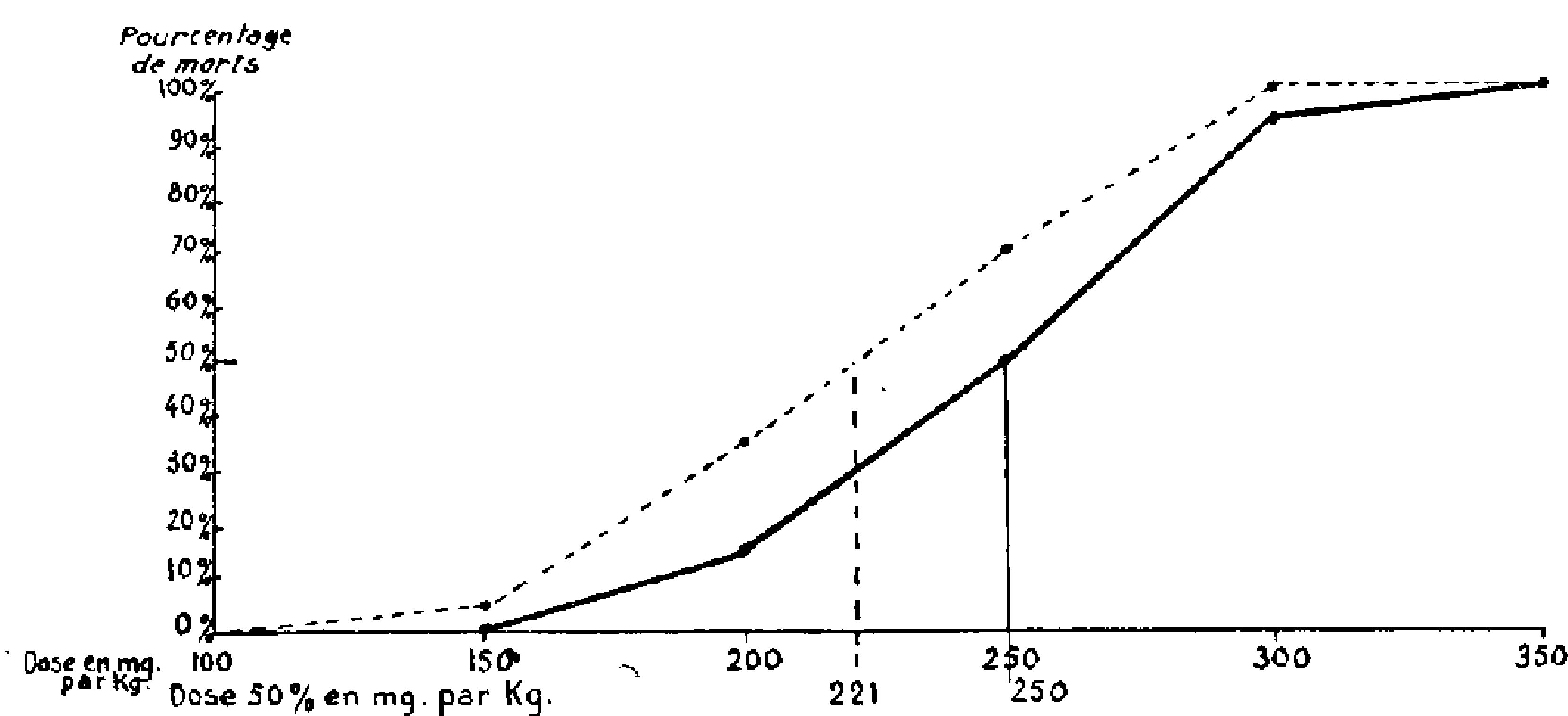


Fig. 2.

la toxicité de ce dernier, nous avons déterminé, d'une part la toxicité de la caféine, d'autre part celle de la caféine additionnée par kilogramme d'animal de 3^{cm^3} de solution aqueuse au tiers de coques de cacao. Voici les courbes obtenues, chaque dose étant ici encore administrée par la voie intrapéritonéale à un lot de 20 Cobayes.

Il résulte de cette courbe que, bien qu'elle ait une toxicité propre, la décoction de coques de cacao diminue la toxicité de la caféine quand on l'adjoint à cet alcaloïde. En effet, la dose maxima toujours tolérée qui est de 100^{mg} par kilogramme, est élevée à 150^{mg} quand on y ajoute de la coque de cacao. La dose 50 % qui est normalement de 221^{mg} par kilogramme passe à 250^{mg} par addition de coques de cacao. Comme l'addition à la caféine de coques de cacao n'entraîne aucune modification chimiquement appréciable de celle-ci, on peut penser que, comme Goris et Lachaise [4] l'ont découvert pour la brucine à l'égard de la strychnine, les coques de cacao manifestent envers la caféine une véritable action phylactique, c'est-à-dire produisent une diminution de la sensibilité de l'organisme pour cet alcaloïde.

EMBRYOGÉNIE. — *Formation du mésenchyme secondaire en l'absence de la gastrulation chez l'Oursin* Paracentrotus lividus *Lmk*. Note [1] de M. **Christian Mettetal**, transmise par M. Paul Wintrebert.

La formation du mésenchyme chez les Échinodermes se réalise toujours à partir de la région la plus végétative de l'embryon. Elle débute par une prolifération localisée des cellules de cette zone et s'achève par la migration isolée de ses éléments dans le blastocœle. Ce processus est le même partout. Par contre le rapport chronologique entre la gastrulation et la naissance du mésenchyme est très variable si l'on considère des groupes distincts et même les formes différentes d'un même groupe. Tandis que chez certains (Stellérides, Crinoïdes, Holothurides et quelques Échinides) le mésenchyme apparaît en un seul temps, après la formation de l'archenteron, chez d'autres (Ophiurides, la plupart des Échinides), il naît en deux poussées dont la première précède la gastrulation, provient des micromères et donne le mésenchyme dit *primaire*, tandis que la seconde ne se manifeste qu'une fois l'invagination gastrulaire accomplie et aboutit à la formation d'un mésenchyme d'origine macromérique, dit *secondaire* du fait de sa naissance plus tardive. On est ainsi amené à se demander si, dans certaines conditions, la formation du mésenchyme secondaire ne pourrait, elle aussi, précéder l'invagination gastrulaire ou si, au contraire, ces deux

---

(4) *Comptes rendus*, 184, 1927, p. 1091.

(1) Séance du 13 octobre 1941.

processus sont solidaires et liés l'un à l'autre par le jeu de mêmes facteurs. L'action d'une température de 0° à +3° C., qui, comme je l'ai indiqué ([2]), inhibe, pendant toute la durée de son action, l'invagination des macromères chez *Paracentrotus lividus*, permet de soumettre ce problème à l'expérience et de rechercher si la naissance du mésenchyme secondaire dépend de la présence préalable de l'archenteron.

Dans une première expérience, les germes, dont la migration du mésenchyme primaire était achevée, ont été refroidis entre 0° et +1°C. Le huitième jour, bien que privés d'archenteron, ils étaient en pleine période de division des macromères et de migration du mésenchyme secondaire. L'observation sur le vivant permet, en effet, de reconnaître un épaississement considérable de la paroi dans la région du pôle végétatif, et l'examen des coupes, passant par l'axe de l'œuf, montre que cet épaississement constitue un massif de cellules polyédriques, disposées sur trois couches. La prolifération des macromères axiaux ne conduit pas seulement à l'accumulation des cellules divisées; on voit, en outre, les plus internes de celles-ci saillir du côté du blastocœle par une surface arrondie, tandis que leur partie étroite reste engagée dans la plaque épithéliale. L'orientation radiaire des fuseaux de division, succédant à leur disposition tangentielle, joue certainement un rôle dans la localisation interne du mésenchyme en dedans des macromères. Le pourtour du massif polaire pluristratifié montre, d'autre part, un passage graduel entre lui et la paroi latérale, qui demeure constituée, comme aux stades précédents, par une seule couche de cellules. Ainsi la région macromérique non invaginée du pôle végétatif offre un aspect en tous points semblable à celui que présente, à l'état normal, le sommet de l'archenteron, quand il forme le mésenchyme secondaire; les rapports topographiques sont modifiés, mais l'homologie des deux processus ne fait aucun doute.

Lorsque les œufs sont conservés à la glacière après le huitième jour, la migration blastocœlienne du mésenchyme secondaire ne s'achève pas. Les embryons montrent encore, au bout de 20 jours, une région végétative épaissie, pluristratifiée; mais celle-ci présente, à ce moment, des marques d'altération; certaines cellules ont un noyau pycnotique; d'autres sont binucléées, du fait d'un retard ou d'une inhibition de la division plasmatique; les divisions nucléaires elles-mêmes se font, dans certains cas au

([2]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 365.

moins, par amitose. Il ne paraît pas douteux que l'arrêt de la migration soit lié à ces lésions cellulaires.

Le réchauffement des embryons en cet état n'a d'autre effet que de hâter leur désintégration. Au contraire, chez ceux qui ont été reportés à + 9° C. dès le huitième jour, la migration du mésenchyme secondaire se poursuit et son achèvement coïncide avec le début de la gastrulation. Dès ce moment le fond de l'archenteron n'est plus constitué que par une seule couche de cellules et conserve cet aspect au cours de son invagination; celle-ci est aussi profonde que chez les embryons témoins et, quand elle est terminée, il ne se produit pas de nouvelle poussée de mésenchyme à son sommet, ce qui prouve bien que le mésenchyme secondaire a fini de se constituer avant la gastrulation. L'expérience montre, en outre, que la capacité de gastruler existe encore après le départ du mésenchyme, à une période retardée du développement où la gastrulation normale serait terminée.

Un second lot de germes, prélevé au même stade que le premier, a été exposé à une température comprise entre + 2° et + 3° C. et a donné des résultats semblables aux précédents.

On sait, par les expériences d'ablation des micromères et des macromères (Hörstadius), que le lieu d'origine du mésenchyme peut être remonté jusqu'à la partie haute de la calotte végétative. L'inhibition de la gastrula par le froid, chez le germe complet d'Oursin, montre que la prolifération, la libération isolée et la migration individuelle des éléments mésenchymateux issus des macromères au lieu d'origine normal sont, dans l'espace et dans le temps, des phénomènes indépendants de l'invagination archentérique. La contraction des macromères en une lame d'enroulement continue n'est donc, dans le développement des éléments mésenchymateux, qu'un phénomène concomitant. La gastrulation et la formation du mésenchyme relèvent de facteurs nettement différents.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE SEPTEMBRE 1941.

Académie royale de Belgique. Classe des Sciences. Publications de la Fondation Agathon De Potter. *Études sur le genre Coffea L. Classification, caractères morphologiques, biologiques et chimiques, sélection et normalisation*, par É. DE WILDEMAN. Bruxelles, Palais des Académies, 1941; 1 vol. 25cm,5.

Le journal d'un bourgeois de La Rochelle pendant la Révolution, par JEAN TORLAIS. (Document inédit.) La Rochelle, Librairie F. Pijollet, 1941; 1 vol. 19cm.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 3 NOVEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BOTANIQUE. — *Nouvelles observations sur les domaties des feuilles des Juglandacées.* Note (¹) de MM. **Auguste Chevalier** et **Francis Chesnais**.

Nous avons fait connaître (²) la structure des domaties du *Juglans regia* L. et indiqué que la plupart des espèces des sept genres, *Juglans* L., *Carya* Nutt., *Pterocarya* Kunth., *Platycaria* Sieb. et Zucc., *Annamocarya* Chev., *Engelhardtia* Lesch., *Oreomunnea* DC. qui constituent cette famille, présentent sur la face inférieure de leurs folioles des domaties de formes très variables appartenant à quatre types différents.

Nous nous proposons de passer ici en revue les formes les plus remarquables et d'en décrire la structure.

1° Les *Juglans* du groupe *Dioscaryon* Dode, de l'Asie centrale et orientale et particulièrement les espèces de Chine (*J. sinensis* Dode, *J. sigillata* Dode, *J. Duclouxiana* Dode), présentent à l'aisselle de la nervure médiane et de toutes les nervures secondaires des domaties en pinceau formant de petites touffes de poils très serrés et disposées régulièrement à chaque aisselle; ces domaties apparaissent dès le plus jeune âge de la foliole et ne font jamais défaut aux aisselles; chaque touffe de poils cache une pochette qui s'enfonce dans l'angle des nervures et en obture l'ouverture (*fig.* A, 1 et 1 *bis*).

2° Dans le *Pterocarya caucasica* C. A. Mey., arbre des forêts du

(¹) Séance du 27 octobre 1941.
(²) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 389-392.

Caucase souvent planté en avenues à Paris, les folioles présentent à l'angle de rencontre de la nervure médiane et des nervures secondaires une sorte de massif glandulaire conique (nectaire), plus ou moins recouvert de poils simples divergents qui l'abritent; ces poils acquièrent un grand développement à l'automne, peu de temps avant la chute des feuilles; ils prennent alors une teinte rousse (*fig.* A, 2).

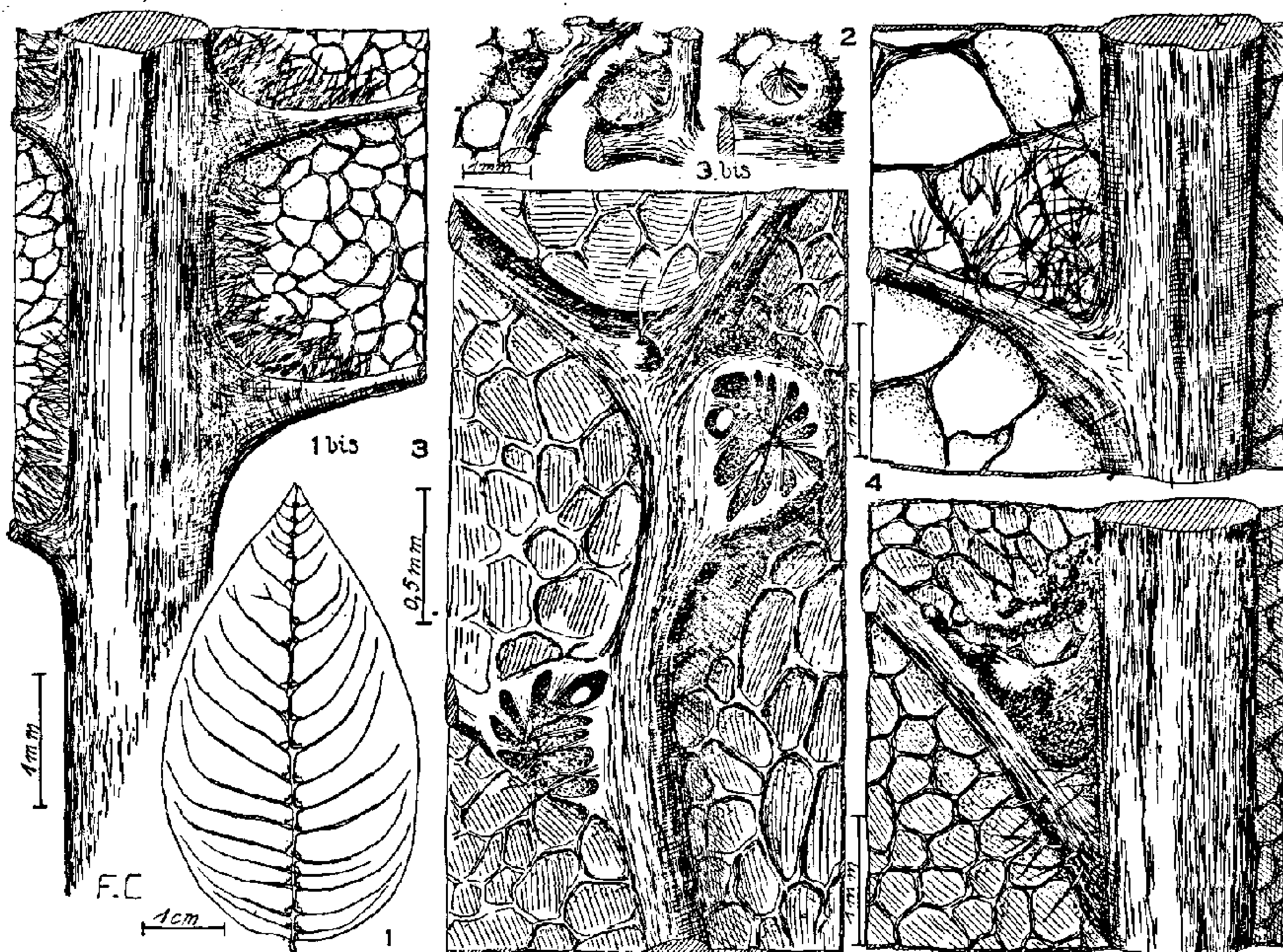


Figure A. — Domaties des Juglandacées. *Juglans Duclouxiana* Dode. — 1, face inférieure de la foliole. — 1 *bis*, domaties très grossies. *Pterocarya caucasica* Mey. — 2, domatie très grossie. *Engelhardtia spicata* Bl. — 3, domaties en pertuis très grossies; 3 *bis*, morphogénèse d'une domatie (grossissement plus faible). *Carya amara* Mich. fil. — 4, domatie très grossie.

3° Nous avons examiné la structure des domaties en ourlet de *l'Oreomunnea pterocarpa* Oerst. Ce repli en ourlet de la base foliolaire existe sur toutes les folioles dès le jeune âge, et sa présence n'est nullement due à l'intervention d'insectes ou d'acariens; en faisant une coupe transversale dans la partie enroulée des bords du limbe, on constate que l'enroulement est dû à la présence de petits massifs scléreux disposés de place en place perpendiculairement aux épidermes et alternant avec des faisceaux cribro-vascu-

laires, eux-mêmes entourés de cellules scléreuses disposées en piliers vasculaires; en outre les deux ou trois assises sous-jacentes de l'épiderme supérieur sont constituées de sclérites formant une zone mécanique sous-épidermique à peu près continue; au contraire les assises cellulaires au-dessus de l'épiderme inférieur sont à parois minces (non sclérifiées); c'est cette disposition qui, jouant le rôle de ressort, oblige le bord du limbe à s'enrouler fortement; il se courbe ainsi en ourlet lorsque la sécheresse se fait sentir (*fig.* B, 1, 1 *bis* et 1 *ter*).

4° *Engelhardtia spicata* Bl. est un arbre des forêts tropophiles denses du Japon, de la Chine, de l'Indochine, de l'Inde et de Java; il vit notamment dans les forêts des flancs de l'Himalaya et de la chaîne annamitique. Ses folioles portent sur la face inférieure un grand nombre de petites domaties en pertuis, non seulement le long de la nervure principale, mais aussi à l'aisselle des nervilles les plus fines; l'ouverture du pertuis est perpendiculaire à la surface du limbe; une coupe transversale montre une large cavité ménagée dans l'épaisseur du limbe dont le plafond est formé de plusieurs assises palissadiques et d'un parenchyme lacuneux. Le pertuis est tapissé d'un épiderme formé de petites cellules parmi lesquelles existent de nombreux stomates. Des poils simples et pointus intriqués protègent l'entrée de la cavité et forment une nasse renversée empêchant plus ou moins l'entrée des poussières et des organismes à l'intérieur du pertuis. Nous y avons cependant remarqué la présence d'œufs de petits animalcules que nous n'avons pu identifier.

Cette domatie en pertuis constitue une véritable petite chambre humide où l'eau transpirée est retenue au contact du limbe; ce dispositif tend à limiter l'évaporation trop intense par temps sec au niveau des aisselles des nervures (*fig.* B, 3 et 3 *bis* et *fig.* B, 2, 2 *bis* et 2 *ter*).

5° *Carya amara* Mich. fil. est un arbre des forêts tropophiles de l'Amérique septentrionale. La face supérieure des folioles est bosselée à l'aisselle des nervures principale et secondaires; à ces saillies correspondent en dessous des dépressions en fossettes, bordées de poils à plusieurs branches étalées en étoile; les fossettes sont remplies de nombreux poils pluricellulaires très différents, serrés les uns contre les autres. L'épiderme inférieur a disparu, mais les poils à parois minces se pressent les uns près des autres et ont leurs bases coalescentes; ces poils semblent résulter de la prolifération quasi-indéfinie des cellules de l'épiderme et du mésophylle; leurs ensembles constituent des sortes de papilles glanduleuses, ou mieux

des stomates aquifères, jouant le rôle de régulateurs dans la transpiration et de l'exsudation de l'eau en excès (*fig.* A, 4 et *fig.* B, 3).

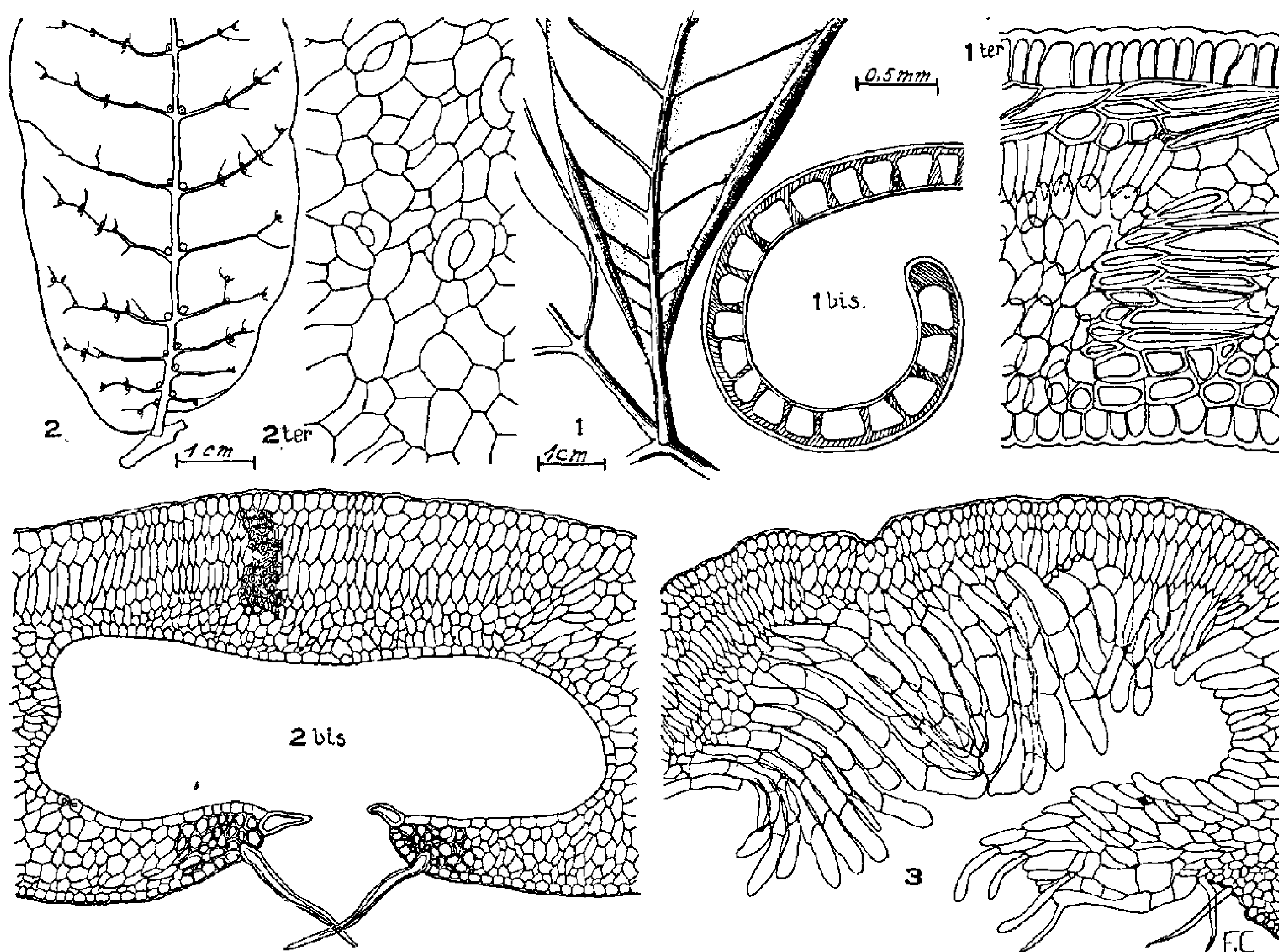


Figure B. — Domaties des Juglandacées. *Oreomunnea pterocarpa* C. D. C. — 1, face inférieure de la foliole montrant l'ourlet; 1 *bis*, schéma du dispositif mécanique du sclérenchyme pour l'enroulement du bord; 1 *ter*, coupe transversale du limbe dans la partie enroulée (× 160). *Engelhardtia spicata* Bl. — 2, face inférieure du limbe; 2 *bis*, coupe transversale du limbe au niveau d'une domatie (× 100); 2 *ter*, aspect de l'épiderme interne de la cavité domatiale (× 150). *Carya amara* Mich. fil. — 3, coupe transversale du limbe au niveau d'une domatie (× 60).

Ces fossettes sont des domaties en pochettes comme chez *J. regia* L., mais l'épiderme de la crypte est remplacé par des poils pluricellulaires signalés ci-dessus.

En résumé, les domaties des Juglandacées ne sont point dues à l'activité d'organismes (Insectes ou Acariens). Leurs formes très variées caractérisent des genres ou des espèces; elles ont une valeur systématique très réelle dont le botaniste descripteur doit tenir compte.

Leur structure nous renseigne aussi sur les conditions climatiques des milieux où vivent les plantes qui les portent : forêts tropophiles denses

presque toujours, ou parfois forêts humides. Quand la Juglandacée est cultivée dans un milieu écologique différent, elle montre une plasticité écologique remarquable, grâce à la présence de ses domaties, qui nous semblent être surtout des appareils régulateurs de la transpiration.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le frottement de roulement.*
Note de M. **Louis Roy.**

On sait que Painlevé a signalé dès 1895 les difficultés auxquelles peut conduire l'application analytique des lois de première et grossière approximation relatives au frottement et dues à Coulomb. Les exemples qu'il a donnés dans ses *Leçons sur le frottement*, dont Appell a reproduit l'un d'eux dans son *Traité de Mécanique rationnelle*, sont tous relatifs au frottement de glissement, et il en est de même, du moins à notre connaissance, de ceux qui ont été donnés depuis. Or l'analogie entre les lois des frottements de glissement, de roulement et de pivotement conduit à penser que la considération des deux dernières catégories de frottement doit vraisemblablement pouvoir donner lieu à des difficultés du même ordre. C'est précisément, en ce qui concerne le frottement de roulement, ce que nous avons eu l'occasion de constater fortuitement, en cherchant un sujet de problème d'examen.

Un disque circulaire pesant de rayon a, de masse m, formé de couronnes circulaires séparément homogènes et dont le rayon de giration par rapport à son centre est k, est mobile sans frottement dans un plan vertical fixe $z_1 O_1 x_1$; il roule sans glisser sur le côté rectiligne Ox, dirigé vers le bas, d'une plaque pesante de masse M, mobile elle-même sans frottement dans le plan $z_1 O_1 x_1$ et assujettie à glisser sans frottement sur l'axe horizontal $O_1 x_1$.

Soient $\alpha = (Ox, O_1 x_1)$ l'inclinaison de Ox, g l'accélération de la pesanteur, f et δ les coefficients supposés constants de frottement de glissement et de roulement du disque sur Ox et, à l'instant t, ξ l'abscisse suivant $O_1 x_1$ d'un point de la plaque, $x = \overline{OC}$ l'abscisse du contact C du disque et de la plaque, θ l'angle de position du disque autour de son centre G compté dans le sens correspondant à x croissant, z_1, x_1 les coordonnées absolues de G, N et T les composantes de la réaction de la plaque sur le disque comptées positivement suivant CG et Ox, ξ'_0, x'_0, θ'_0, z'_{10}, x'_{10} les valeurs initiales de $\xi' = d\xi/dt$, ..., $x'_1 = dx_1/dt$ liées par les trois relations

$$(1) \qquad z'_{10} = -x'_0 \sin\alpha, \qquad x'_{10} = \xi'_0 + x'_0 \cos\alpha, \qquad x'_0 = a\theta'_0,$$

les deux premières exprimant que le disque est lancé suivant Ox et la troisième étant la condition initiale de roulement sans glissement. Les vitesses initiales peuvent donc être considérées comme dépendant des deux arbitraires x'_0 et ξ'_0.

Si l'on pose alors

$$\mu = \frac{M}{M+m}, \qquad D = \left(\frac{k^2}{a^2}+1\right)\operatorname{tang}^2\alpha \mp \frac{\delta}{a}(1-\mu)\operatorname{tang}\alpha + \frac{k^2}{a^2}+\mu,$$

on trouve aisément

$$(2) \qquad \left\{\begin{aligned} N D \cos\alpha &= \left(\frac{k^2}{a^2}+\mu\right) mg,\\ T D \cos\alpha &= -\left(\frac{k^2}{a^2}\operatorname{tang}\alpha \pm \mu\frac{\delta}{a}\right) mg,\\ x'' D \cos\alpha &= \left(\operatorname{tang}\alpha \mp \frac{\delta}{a}\right) g,\end{aligned}\right.$$

d'où, comme condition dynamique de roulement sans glissement,

$$(3) \qquad \left|\frac{k^2}{a^2}\operatorname{tang}\alpha \pm \mu\frac{\delta}{a}\right| \leqq f\left(\frac{k^2}{a^2}+\mu\right),$$

avec, devant chaque terme en δ/a, le signe supérieur ou inférieur suivant que x'_0 est positif ou négatif.

En particulier, si m est négligeable vis-à-vis de $M(\mu = 1)$, les formules (2) et (3) coïncident avec les formules classiques du roulement sans glissement d'un disque sur une droite inclinée fixe.

Tout d'abord, pour $x'_0 < 0$, il n'y a aucune difficulté, puisqu'il faut prendre les signes inférieurs et que D est ainsi essentiellement positif.

Supposons donc $x'_0 > 0$, ce qui correspond aux signes supérieurs et soit alors

$$A = \frac{1}{1-\mu}\left[\left(\frac{k^2}{a^2}+1\right)\operatorname{tang}\alpha + \frac{\frac{k^2}{a^2}+\mu}{\operatorname{tang}\alpha}\right]$$

la valeur de δ/a pour laquelle $D = 0$; quatre cas sont à distinguer :

1° $\delta/a < A$. Aucune difficulté puisque D est positif.

2° $\delta/a = A - \varepsilon$, ε étant un nombre positif très petit. N, $-$T, $-x''$ sont très grands de l'ordre de $1/\varepsilon$, de sorte que le disque s'arrête au bout d'un temps de l'ordre de ε, c'est-à-dire presque immédiatement.

3° $\delta/a = A$. Les équations (2) sont impossibles.

4° $\delta/a > A$. N devenant négatif, le mouvement lié que nous avons envisagé est impossible et l'on reconnaît, d'après (1) et les équations

$$\xi'' = 0, \qquad z''_1 = -g, \qquad x''_1 = 0,$$

auxquelles se réduisent celles du mouvement de la plaque et du disque pour $(N, T) = 0$, qu'il en est de même du mouvement libre $(z \geq a)$, z étant la cote relative de G.

On voit donc que les difficultés apparaissent ici dès que le nombre δ/a est assez grand, de même qu'elles peuvent se manifester pour le frottement de glissement dès que f atteint une valeur suffisante.

On pourrait objecter que, vu la petitesse réelle de δ/a dans les cas usuels, on se trouvera toujours en fait dans le cas 1°. On peut cependant faire en sorte qu'il n'en soit pas ainsi. Remarquons, en effet, que, α variant de zéro à $\pi/2$, A passe par un minimum

$$A_m = \frac{2}{1-\mu}\sqrt{\left(\frac{k^2}{a^2}+1\right)\left(\frac{k^2}{a^2}+\mu\right)}, \qquad \text{pour } \operatorname{tang}\alpha = \sqrt{\frac{\frac{k^2}{a^2}+\mu}{\frac{k^2}{a^2}+1}}.$$

Or ce minimum peut être abaissé, par exemple devenir nettement inférieur à 1, en réduisant suffisamment k^2/a^2 et μ. k^2/a^2 peut, en effet, être rendu assez petit, par exemple de l'ordre de $1/15$, en remplaçant le disque par un cylindre droit creux de faible épaisseur et de substance légère, bois par exemple, muni d'un axe massif de rayon convenablement calculé, tel qu'un cylindre circulaire droit en fer de rayon de l'ordre de $a/4$; μ peut être également très réduit en employant un plan incliné suffisamment léger par rapport au cylindre. D'autre part, δ pourrait être considérablement augmenté en recouvrant le plan incliné d'un enduit approprié suffisamment liant, de telle sorte que, pour $A = A_m$, les cas 2°, 3°, 4° resteraient réalisables, en même temps que la condition (3) serait très largement vérifiée.

On sait que Lecornu a très simplement levé les difficultés signalées par Painlevé dans le frottement de glissement, en admettant, avec d'excellentes raisons à l'appui, qu'au moment où le contact s'établit entre deux corps, le nombre f n'atteint pas instantanément sa valeur constante admise par la théorie classique, mais croît très rapidement de zéro jusqu'à cette valeur: Ainsi qu'a bien voulu nous le faire observer M. Émile Jouguet, l'artifice analogue en ce qui concerne le nombre δ/a doit pouvoir lever également ici la difficulté. Et en effet, si, pendant un temps très court à

partir de l'instant initial, δ/a croît de zéro à la valeur $A - \varepsilon$, on se trouve aussitôt dans le cas 2°, de sorte que le disque s'arrête presque immédiatement par *arc-boutement dynamique*, suivant l'expression de Lecornu.

CHIMIE MINÉRALE ET ANALYTIQUE. — *Nouvelles combinaisons du cyanure de mercure avec les halogénures alcalins. Leurs applications analytiques.* Note de M. **Georges Denigès**.

A l'occasion de recherches sur l'iodure de cyanogène, j'ai été amené à constater la formation très facile, à froid et à l'état cristallisé d'emblée, non seulement de cyanohalogénures de potassium (depuis longtemps connus, quoique moins simplement préparés) répondant à la formule générale



$$Cy^2Hg\,XK,$$

mais de l'azotocyanure mercurico-potassique



$$Cy^2Hg\,N^3K$$

non encore signalé (et où l'ion triazote se comporte comme un halogène véritable) et des sels correspondants de NH^4, Cs et Rb.

Quant à ceux de sodium (sauf l'azotocyanure) et de lithium, plus solubles, ils ne précipitent pas dans les conditions où leurs congénères alcalins sont insolubilisés.

L'une de ces combinaisons, l'azotocyanure de mercure et d'ammonium



$$(CN)^2Hg\,N^3NH^4$$

présente cette curieuse particularité d'avoir son azote sous trois formes différentes : cyanée, triazotée, ammoniée.

La façon dont j'ai obtenu la combinaison iodocyanurée fixera sur la préparation des produits similaires.

Dans 100^{cm^3} d'une solution à 8 % de cyanure de mercure, on projette, en agitant, 5^g de IK, en nature [1]. Ce sel se dissout presque aussitôt et le liquide se remplit de paillettes cristallines qui, filtrées, lavées et desséchées, répondent bien à la formule $Cy^2Hg.IK$, ainsi qu'il résulte de l'analyse

---

[1] Ou dissous dans la moindre quantité d'eau possible.

suivante :

	Trouvé.	Calculé pour $Cy^2Hg.IK$.
IK.........	39,84	39,72
Cy........	12,48	12,43
Hg........	48	47,84

En remplaçant IK par les iodures des autres métaux alcalins (y compris NH^4, mais non Na ni Li) on réalise les combinaisons cyanurées correspondantes.

Si aux iodures on substitue les bromures, les chlorures ou les azotures des mêmes métaux, on obtient les bromo, chloro et azotocyanures de mercure et de ces métaux.

Les chlorocyanures sont nettement plus solubles que les autres sels doubles et le rendement de leur préparation est faible.

La solubilité, encore plus grande, des cyanohalogénures de sodium et de lithium, qui les empêche d'être précipités dans les mêmes circonstances, peut, par contre, être avantageusement utilisée pour la préparation des autres cyanohalogénures.

Si, par exemple, à une solution de 5^g de INa ou de BrNa dans 100^{cm^3} d'eau renfermant déjà 8^g de Cy^2Hg, on ajoute, à une partie ou à la totalité du liquide limpide résultant, des ions K, NH^4, Cs ou Rb sous forme d'acétate, de carbonate ou même de chlorure, les iodocyanures ou bromocyanures mercuriques correspondants apparaissent rapidement. Il est ainsi possible de préparer ces combinaisons doubles avec des sels alcalins dont on ne possède ni bromures, ni iodures et d'étendre même ce mode de préparation à des amines préalablement salifiées par l'acide acétique.

Bien plus, si l'on fait dissoudre 7 % d'acétate de potassium ou d'ammonium ou, encore, 3 % des carbonates des mêmes métaux dans une solution à 8 % de Cy^2Hg, on peut précipiter à l'instant, à l'état d'iodo, bromo ou azotocyanure de mercure et de potassium ou d'ammonium, les ions I, Br ou N^3, si on les introduit dans le mélange.

Ces faits, on le voit, présentent une certaine importance de généralisation, mais leur intérêt réside, surtout, dans les applications qu'on en peut déduire pour l'analyse micro-cristalline, les composés auxquels ils correspondent étant cristallisés dès leur formation et offrant des aspects microscopiques variables suivant leur nature.

C'est ainsi que, si l'on prépare deux groupes de réactifs formés les uns de cyanure de mercure et d'iodure de sodium, les autres de cyanure de

mercure et d'acétate de potassium ou d'ammonium (dans les deux cas suivant les proportions précédemment indiquées), on pourra, avec une goutte des premiers additionnée, sur lame de verre porte-objet, de très faibles quantités (inférieures au milligramme) de sels à l'état solide de K, NH^4, Cs, Rl, caractériser ces métaux par la forme des cristaux qui s'y produisent bien vite; avec une goutte des seconds, déceler également les ions chlore, brome, iode et particulièrement triazote.

L'azoture de sodium, en effet, donne, par son ion N^3, des cristaux différents avec le cyanure de mercure seul ou avec le même sel additionné d'acétate de potassium ou d'ammonium. De plus, les cristaux d'azotocyanure de mercure et de sodium, en suspension dans leur liquide générateur, additionnés d'une goutte de cyanure de mercure-acétate de potassium, revêtent rapidement la forme des cristaux d'azotocyanure de mercure et de potassium par substitution d'un métal alcalin à l'autre.

Toutes ces préparations peuvent se faire sur un enduit laissé par dessiccation, sur lame de verre, de solutions même très étendues du sel dont on veut identifier l'anion. C'est ainsi qu'un résidu, *très peu étalé*, renfermant $0^{mg},01$ de IK, simplement humecté, à son centre, d'une fine gouttelette de solution de Cy^2Hg a fourni des cristaux très nets d'iodocyanure.

L'observation microscopique de ces divers cristaux peut se faire sans les recouvrir d'une lamelle et à un grossissement de 120 à 150D.

Enfin ces réactifs, aussi bien ceux d'un groupe que de l'autre, peuvent en outre servir de tests immédiats pour savoir si un cation donné, différent d'un métal alcalin, ou si un anion n'appartenant pas à la famille des halogènes est susceptible de fournir, avec le cyanure de mercure, une combinaison, cristallisée d'emblée, du type des cyanohalogènes alcalins.

Dans ces essais on tiendra compte de ce qu'un certain nombre de substances (acides; sels d'Al^{III}, de Fe^{III}, Zn, Cd notamment; sels d'hydrazine, de bétaïne, d'hydroxylamine etc.) libèrent de l'iodure de mercure rouge, cristallisé, avec le réactif $INa + Cy^2Hg$.

Dans le cas des aluns, en même temps que I^2Hg apparaissent les cristaux incolores du métal alcalin de l'alun, insolubilisé à l'état d'iodocyanure.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Zénobe Gramme. *Notice bio-bibliographique suivie de la description de la dynamo par son inventeur et d'autres documents* par Jean Pelseneer.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur le théorème ergodique de Birkhoff.* Note de M. **Maurice Fréchet**, présentée par M. Élie Cartan.

Introduction. — Suivant la méthode que nous avons déjà employée dans la théorie des probabilités en chaîne, nous allons appliquer à l'étude des valeurs moyennes associées aux ensembles de systèmes dynamiques, quelques-unes des propriétés des fonctions asymptotiquement presque-périodiques continues (A. P. P. C.), indiquées dans une Note précédente (1), ainsi que des propriétés (qui s'en déduisent immédiatement) des fonctions vectorielles A. P. P. C. (fonctions V. A. P. P. C). Nos démonstrations, ainsi qu'un bref résumé historique (2), figurent dans un exposé plus détaillé, en cours d'impression dans un autre Recueil.

Hypothèses. — Soit $N = T_t M$, une transformation (dépendant du paramètre numérique $t \geq 0$) amenant tout point M d'un ensemble borné et fermé S (appartenant à l'espace cartésien à m dimensions) en un point correspondant N *du même* ensemble S.

Nous examinerons successivement deux hypothèses :

---

(1) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 520-522. A cette occasion, signalons dans cette Note quelques erreurs de copie. Dans la propriété 2° de la page 521, l'expression « également continue » n'aurait aucun sens et doit être évidemment remplacée par « uniformément continue ». A la ligne 5 de la page 522, $p_n(t)$ est le terme principal de $f_n(t)$. Enfin les dates 1933, 1937 mentionnées dans la Note doivent être remplacées par 1932, 1932.

(2) Signalons toutefois, dès maintenant, qu'on aura intérêt à comparer nos résultats avec ceux de la Note de Yosida intitulée *Almost periodicity and ergodic principle* (*Proc. Imp. Acad. Japan*, 15, 1939, p. 255-259). L'auteur s'y inspire aussi de la méthode de démonstration de ce qu'il appelle le théorème de Fréchet-Kryloff-Bogoliouboff, relatif aux probabilités en chaîne; mais il part d'hypothèses totalement différentes des nôtres.

Hypothèse II. — 1° On a $T_{t+t'}M = T_t(T_{t'}M)$ pour M sur S, $t \geqq 0$, $t' \geqq 0$. 2° T_tM est une fonction continue de $t(\geqq 0)$ pour tout point fixe M de S. 3° T_tM est une fonction de M qui est *également continue* sur S quand t varie par valeurs $\geqq 0$. 4° $f(N)$ est continue sur S.

Hypothèse K. — T_tM est définie (quel que soit M sur S) pour toute valeur réelle de t et l'hypothèse H est vérifiée pour toutes les valeurs réelles de t et de t'.

Ceci posé :

Théorème I. — *Dans l'hypothèse* K, *pour chaque point fixe* M *de* S, $\overline{T_t}M$ *est une fonction* V. P. P. C. *de t et $f(T_tM)$ une fonction* P. P. C. *de t*. De plus, *les exposants de Fourier de $f(T_tM)$ sont indépendants de* M *et ce sont des combinaisons linéaires et homogènes à coefficients entiers positifs d'un nombre fini (éventuellement variable) des exposants de Fourier de* $\overline{T_t}M$, *lesquels sont aussi indépendants de* M. Enfin *les coefficients de Fourier de* $\overline{T_t}M$ *et de $f(T_tM)$ sont des fonctions continues de* M.

Théorème II. — *Sous l'hypothèse moins stricte* H, $\overline{T_t}M$ *est une fonction* V. A. P. P. C. *de t et $f(T_tM)$ est une fonction* A. P. P. C. *de t. De plus, le terme principal de $f(T_tM)$ est $f(P_tM)$, où $\overline{P_t}M$ est le terme principal de* $\overline{T_t}M$.

En 1931, Georges Birkhoff a démontré un lemme important qui (dans les hypothèses de continuité où nous nous sommes placé pour simplifier) se trouve être une conséquence du théorème I ci-dessus ainsi que d'une propriété classique des fonctions P.P.C., à savoir :

Premier lemme. — *Dans l'hypothèse* K, *la moyenne* (temporelle, quand t est le temps)

$$(1) \qquad \frac{1}{L}\int_0^L f(T_tM)\,dt$$

converge vers une limite quand $L \to \pm\infty$.

Comme cette propriété classique des fonctions P.P.C. subsiste pour les fonctions A.P.P.C., si l'on remplace $\pm\infty$ par $+\infty$, on voit que :

Second lemme. — *Sous l'hypothèse moins stricte* K, *la moyenne* (1) *tend encore vers une limite quand* $L \to +\infty$.

On voit que nos deux théorèmes donnent sur la nature de T_tM considérée comme fonction de t, un renseignement beaucoup plus précis que les deux lemmes qui assurent seulement d'une propriété non caractéristique des fonctions P. P. C. ou A. P. P. C. Faisons, en outre, observer que ces deux lemmes ne font pas usage

d'une hypothèse supplémentaire (d'invariance) de Birkhoff qui sera mentionnée plus loin.

Pour arriver à son théorème ergodique, Birkhoff a introduit la notion de région transitive (ou, comme nous dirons plutôt, en suivant avec Khintchine la terminologie des probabilités en chaîne : région indécomposable).

Introduisons arbitrairement une loi de probabilité de M (supposé pris au hasard sur S). Nous dirons que S est un ensemble *décomposable relativement à cette loi*, s'il est formé de deux parties disjointes S_1 et S_2, telles que : 1° si M appartient à S_k, $T_t M$ reste dans S_k ($k = 1, 2$); 2° il y a une probabilité non nulle que M soit choisi sur S_k ($k = 1, 2$). Ceci posé :

THÉORÈME ERGODIQUE. — *Sous l'hypothèse* H (*la moins stricte*), *et en supposant* S *indécomposable*, *la limite de la moyenne temporelle* (1) *quand* $L \to +\infty$, *est*, *quand* M *est choisi au hasard*, *presque certainement égale à une moyenne spatiale* (*pondérée*) *sous la forme d'une intégrale de Stieltjes-Lebesgue-Radon*

$$\int_S f(M)\, du(e), \tag{2}$$

où $u(e)$ est une fonction additive des sous-ensembles e de S, *fonction indépendante de f et telle que $u(e) \geq 0$, $u(S) = 1$.*

Le fait que nous avons pu nous dispenser de l'hypothèse de Birkhoff de l'existence d'une mesure invariante (ou plus généralement de l'existence d'une fonction d'ensemble additive, positive et invariante) s'explique ainsi : sous l'hypothèse K, et S étant indécomposable, la fonction $u(e)$ est une fonction additive et positive d'ensemble qui reste invariante dans la transformation T_t. Ainsi l'existence d'une telle fonction se trouve assurée d'elle-même. De plus, en prolongeant l'opération linéaire (2) aux fonctions $f(M)$ mesurables et bornées, on obtient une interprétation physique de $u(e)$ comme durée relative moyenne limite presque certaine du séjour de $T_t M$ dans e.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la théorie de l'aile à fente.* Note [1] de M. **SERGE VLADIMIRSKY**, présentée par M. Henri Villat.

Nous avons établi [2] les formules qui fournissent la représentation conforme des domaines limités par des segments rectilignes et arcs circu-

---

[1] Séance du 20 octobre 1941.

[2] *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 379-382.

laires; nous appliquerons maintenant ces formules au problème de l'aile à fente dont les éléments présentent soit des profils épais à pointe, soit des profils infiniment minces en forme d'arcs de cercle ou de segments rectilignes.

Le problème de l'aile à fente, dont le principe général est dû à M. D. Riabouchinsky ([3]), a été déjà traité, dans deux cas particuliers (l'aile et le bec étant assimilés soit à deux segments, soit à deux arcs en prolongement), par M. Tchaplyguine ([4]).

Dans le cas des profils épais le problème peut être ramené à celui de la représentation conforme d'arcs ou de segments qui caractérisent la position du bec par rapport à l'aile et que nous appelons *éléments de base*. Selon la position relative du bec et de l'aile, il y a lieu de distinguer trois cas différents : 1° les éléments de base appartiennent à deux cercles ou à deux droites sécants; 2° les éléments de base appartiennent à deux cercles concentriques; 3° les éléments de base appartiennent à deux cercles tangents ou à deux droites parallèles.

Soient, dans le plan t (*fig.* 1), deux arcs de cercle AB et CD, ou deux

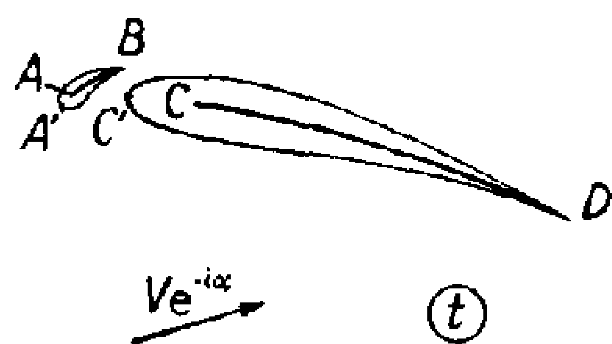


Fig. 1.

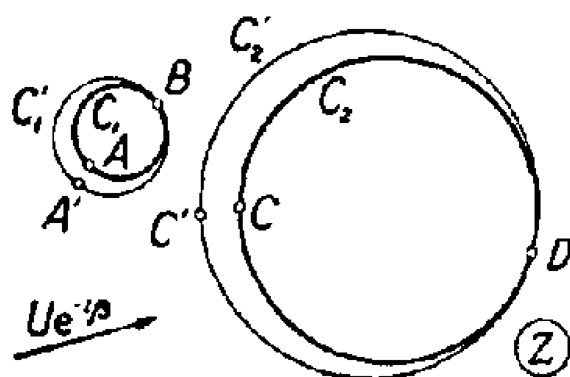


Fig. 2.

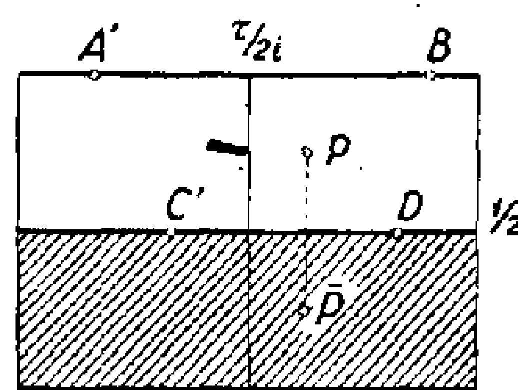


Fig. 3.

segments rectilignes, n'ayant pas de points communs et représentant schématiquement une aile à fente.

Par une série de transformations élémentaires et en appliquant les formules de la Note précitée ([2]), nous représentons, en ayant recours aux fonctions elliptiques de module τ_0, le domaine extérieur aux éléments AB et CD du plan t sur le domaine extérieur aux cercles C_1 et C_2 du plan Z (*fig.* 2). Traçons maintenant dans le plan Z par les points B et D, correspondant aux bords de fuite, deux nouveaux cercles C_1' et C_2' tangents aux premiers et n'empiétant pas l'un sur l'autre. Dans ces conditions, on

([3]) *Bulletin de l'Inst. Aérodyn. de Koutchino*, 3, Moscou, 1909, p. 63.

([4]) *A Theory of Slotted Aeroplane Wing*, Paris, 1931.

peut démontrer aisément en s'appuyant, par exemple, sur l'expression du rayon de courbure, que, lorsque nous aurons transformé les nouveaux cercles par les formules qui établissent la correspondance entre les plans t et Z, nous obtiendrons dans le plan t deux profils effilés.

Ce procédé de transformation ne permet pas des déplacements relatifs des profils, l'un par rapport à l'autre, sans changer leurs formes et, par conséquent, il est impossible de suivre les variations de la résultante et du moment des forces hydrodynamiques en fonction soit des dimensions de la fente, soit de l'inclinaison du bec. Mais il est possible de résoudre la question non moins importante : trouver la forme des profils et les dimensions de la fente correspondant soit à la portance maxima, soit à la plus grande stabilité.

Supposons que les cercles C'_1 et C'_2 soient investis par un courant de vitesse relative $Ue^{-i\beta}$ à l'infini, doué des circulations $\varkappa_1$ et $\varkappa_2$ autour de ces cercles et soit $Ve^{-i\alpha}$ la vitesse relative à l'infini dans le plan t. En transformant le domaine du plan Z occupé par le fluide sur un rectangle elliptique (*fig.* 3) construit avec le module τ, les potentiels, cyclique $w_c = \varphi_c + i\psi_c$ et acyclique $w_a = \varphi_a + i\psi_a$, sont définis par les relations

$$(1)\qquad w_c = -\frac{\varkappa_1 + \varkappa_2}{2\pi i}\log\frac{\vartheta_1(u - u_1\,|\,\tau)}{\vartheta_1(u - \overline{u}_1\,|\,\tau)} + \varkappa_1 u + C',$$

$$(2)\qquad w_a = (A + Bi)\frac{\vartheta'_1(u - u_1\,|\,\tau)}{\vartheta_1(u - u_1\,|\,\tau)} + (A - Bi)\frac{\vartheta'_1(u - \overline{u}_1\,|\,\tau)}{\vartheta_1(u - \overline{u}_1\,|\,\tau)} + C'',$$

u_1 et $\overline{u}_1$ étant les affixes du pôle simple P et de son conjugué $\overline{P}$, et $A \pm Bi$, les résidus en ces points.

La détermination des circulations $\varkappa_1$ et $\varkappa_2$ par les conditions de vitesse finie aux points de fuite B et D nous fournit, d'après la formule de Joukowsky $\mathfrak{L} = \rho V(\varkappa_1 + \varkappa_2)$, la résultante, et la deuxième formule de Blasius, le moment des forces hydrodynamiques agissant sur le système.

Exemple. — Considérons le cas particulier où les éléments de base AB et CD sont deux segments rectilignes disposés le long d'une ligne droite. Les correspondances entre les plans t et Z d'une part et entre les plans Z et u d'autre part sont établies par les relations

$$(3)\qquad t = C\frac{\vartheta_1^2(v\,|\,\tau_0)}{\vartheta_1(v - iv_0\,|\,\tau_0)\vartheta_1(v + iv_0\,|\,\tau_0)},\qquad v = \frac{1}{2\pi i}\log\left(e^{-2\pi v_0} - \frac{1}{Z}\right)$$

et

$$(4)\qquad u = \frac{1}{2\pi i}\log\frac{Z - (R\,e^{2\pi u_0} + a)}{Z\,e^{2\pi u_0} - (R + a\,e^{2\pi u_0})},$$

où R et a, quantités sans dimensions, caractérisent respectivement le rayon et l'abscisse du centre du cercle C'_2.

En déterminant les circulations $\varkappa_1$ et $\varkappa_2$ comme il vient d'être précisé et en choisissant convenablement la constante C, nous obtenons, pour la résultante des forces hydrodynamiques, l'expression

$$\mathfrak{T} = 2\pi\rho V^2 R e^{-2\pi v_0} \operatorname{sh} 2\pi u_0 \frac{\mathfrak{S}_2^2(0\,|\,\tau)}{\mathfrak{S}_2^2(0\,|\,\tau_0)} \sqrt{\frac{n}{m}\frac{m'}{n'}}\,(m'+n')\sin\alpha, \tag{5}$$

dans laquelle m, n et m', n' désignent respectivement les longueurs AB, CD et A'B, C'D.

Nous avons calculé également le moment des pressions hydrodynamiques, mais la formule étant assez complexe et longue, le manque de place ne nous permet pas de l'écrire.

Si les deux profils épais tendent simultanément vers leurs segments de base AB et CD, on a $\tau \to \tau_0$, $u_0 \to v_0$, $m' \to m$, $n' \to n$, $2Re^{-2\pi v_0} \operatorname{sh} 2\pi u_0 \to 1$ et à la limite

$$\mathfrak{T} = \pi\rho V^2 (m+n)\sin\alpha. \tag{6}$$

Cette formule, obtenue par M. Tchaplyguine par un calcul direct, ne doit être retenue que comme correspondant aux profils ayant une certaine épaisseur, quoique très petite et, par conséquent, aux bords d'attaque arrondis, car, dans le cas contraire, on se heurterait aux singularités du plan mince signalées par M. H. Villat [5].

Les formules (5) et (6) et les formules analogues correspondant aux autres types d'ailes à fente énumérés au début de cette Note, ainsi que les formules donnant les moments, permettent de déterminer l'influence exercée sur la portance et sur la stabilité par la forme de la fente et la position du bec par rapport à l'aile.

THERMOCHIMIE. — *Sur la calorimétrie des solutions aqueuses d'alun ordinaire, de chlorure de magnésium et de chlorure cuivrique.* Note de M. **Jean Perreu.**

Les mesures calorimétriques concernant les solutions aqueuses binaires d'alun de potasse, de chlorure de magnésium et de chlorure cuivrique ont été faites au voisinage de 16°, à l'aide du calorimètre de Berthelot.

1° *Alun ordinaire* $(SO^4)^2AlK, 12$ aq. (mesures à 16°C.). — La dissolution de la mol-g d'hydrate dans 1200, 1240, 2020 et 2634 mol-g

(5) *Mécanique des Fluides*, Paris, 1930, p. 92.

d'eau libre dégage respectivement $-9^{cal},71$, $-9^{cal},70$, $-9^{cal},66$ et $-9^{cal},63$. La concentration finale (¹) obtenue dans les mesures de la chaleur initiale $q_0^{c'}$ et des chaleurs de dilution $L_c^{c'}$ est égale à $p'=1$ %; $h'=2645,3$; $c'=0,00038$.

Concentrations initiales.							
p.	h.	c.	γ_{moy} (16°-18°).	q_c.	$L_c^{0,00038}$.	Q_c calc.	l_c.
				cal	cal	cal	cal
0	∞	0		− 9,63 ($q_c^{c'}$)			
2	1328,67	0,00075	0,984	− 9,85			
4	670,33	0,00149	0,970	− 9,98	+0,18	− 9,81	+0,000₃
6	450,89	0,00222	0,956	−10,10	+0,27	− 9,90	+0,000₄
8	341,17	0,00293	0,945	−10,19	+0,35	− 9,98	+0,000₇
9,9 (sat.)	278	0,00359(C)	0,936	−10,27 (extrap.)	+0,41	−10,04	+0,001

On trouve

$$a_C \text{ mes.} = +\ 0^{cal},24; \qquad a_C \text{ calc.} = +\ 0^{cal},27;$$
$$q_C \text{ extrap.} = -\ 10^{cal},27; \qquad q_C \text{ calc.} = -\ 10^{cal},31.$$

Les chaleurs spécifiques des solutions peuvent être représentées par la formule

$$\gamma_{moy}(16^\circ\text{-}18^\circ) = \frac{49,27+h}{72,29+h}.$$

2° *Chlorure de magnésium* Cl^2Mg, 6 aq. (mesures à 16°-17°). — En dissolvant la mol-g de ce sel dans 311, 450, 637, 840, 1010, 1129 et 1255 mol-g d'eau libre, on trouve, pour la chaleur dégagée, les valeurs respectives suivantes : $+2^{cal},96$, $+3^{cal},01$, $+3^{cal},04$, $+3^{cal},07$, $+3^{cal},10$, $+3^{cal},12$ et $+3^{cal},14$. La concentration finale relative aux mesures de $q_0^{c'}$ et de $L_c^{c'}$ est égale à $p'=1$ %, $h'=1135,44$, $c'=0,00088$.

Concentrations initiales.							
p.	h.	c.	γ_{moy} (16°-18°).	q_c.	$L_c^{0,00088}$.	Q_c calc.	l_c.
				cal	cal	cal	cal
0	∞	0		+3,12 ($q_0^{c'}$)			
5	231,89	0,0043	0,964	+2,78	+0,23	+2,89	
10,9	109,62	0,0091	0,929	+2,51	+0,42	+2,70	
54,5	26,72	0,0374	0,774	+0,98	+1,05	+2,07	+0,033
94	18,01	0,0555	0,706	0,00	+1,59	+1,53	+0,086
109	16,36	0,0611	0,697	−0,33	+1,78	+1,34	+0,112
164	12,89	0,0776	0,658	−1,34	+2,56	+0,56	+0,230
193,27	11,84	0,0844	0,641	−1,80	+2,95	+0,17	+0,294
220,5	11,12	0,0899	0,636	−2,17	+3,16	−0,04	+0,402
242	10,67	0,0937	0,627	−2,41	+3,47	−0,35	+0,468
248 (sat.)	10,55	0,0974(C)	0,622	−2,53 (extrap.)	+3,50	−0,38	+0,485

(¹) Pour les notations, voir *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 172.

On a

$$a_C \text{ mes.} = +2^{cal},20; \qquad a_C \text{ calc.} = +2^{cal},21;$$
$$q_C \text{ extrap.} = -2^{cal},53; \qquad q_C \text{ calc.} = -2^{cal},58.$$

La formule qui représente les valeurs trouvées pour les chaleurs spécifiques des solutions s'écrit

$$\gamma_{moy}\,(16^\circ\text{-}18^\circ) = \frac{4,177 + h}{13,106 + h}.$$

3° *Chlorure cuivrique* Cl^2Cu, 2 aq. — Ce sel a été étudié vers 15°C. En dissolvant la mol-g d'hydrate dans un grand excès d'eau, on obtient les résultats ci-après :

Mol-g d'eau libre.....	200	262	320	480	638	813	947
Chaleur dégagée (cal).	+3,95	+4,02	+4,05	+4,12	+4,20	+4,28	+4,32

La concentration finale relative aux mesures de $q_0^{c'}$ et de $L_c^{c'}$ est égale à $p' = 1$ % ; $h' = 949,22$; $c' = 0,00105$.

Concentrations initiales. *p*.	*h*.	*c*.	γmoy (16°-18°).	q_c.	$L_c^{0,00105}$.	Q_c calc.	l_c.
				cal			
0	∞	0		+4,32 (q_0^c)	cal	cal	cal
5	191,44	0,0052	0,951	+3,40	+0,46	+3,86	+0,002₅
12,5	77,78	0,0129	0,897	+2,20	+1,04	+3,28	+0,011₃
25	39,89	0,0251	0,833	+0,81	+1,92	+2,40	+0,035₅
35	29,06	0,0344	0,790	0,00	+2,41	+1,91	
37,5	27,26	0,0367	0,772	−0,21	+2,56	+1,76	+0,069
50	20,94	0,0477	0,731	−0,76	+3,14	+1,18	+0,098₂
75	14,63	0,0684	0,673	−1,49	+4,08	+0,24	+0,143
100	11,47	0,0872	0,631	−2,04	+4,48	−0,16	+0,197
118,5 (sat.)	9,99	0,1001(C)	0,607	−2,25 (extrap.)	+4,80	−0,48	+0,221

La chaleur d'addition mesurée, a_C, est égale à $+1^{cal},77$.

Par suite

$$q_C \text{ calc.} = -2^{cal},25; \qquad q_C \text{ extrap.} = -2^{cal},30.$$

Les chaleurs spécifiques sont traduites par la formule

$$\gamma_{moy}\,(15^\circ\text{-}17^\circ) = \frac{5,05 + h}{14,71 + h}.$$

Remarque. — La solubilité des deux derniers sels étudiés croît avec la température, la chaleur limite q_C doit donc être négative. Or la chaleur initiale $q_0^{c'}$ est positive; il en résulte que la chaleur différentielle de disso-

lution, q_c, s'annule pour une concentration déterminée. Les résultats ci-dessus montrent en effet qu'il existe un point mort pour q_c, correspondant à $h = 18{,}01$, avec le chlorure de magnésium, et à $h = 29{,}06$ dans le cas du chlorure cuivrique.

De même, la chaleur intégrale de dissolution de ces deux sels est positive en solution étendue et négative en liqueur concentrée. La courbe $Q = f(h)$ présente un point mort pour $h = 11{,}3$ (chlorure de magnésium), et $h = 12{,}64$ (chlorure cuivrique).

Conclusion. — L'existence d'un point mort relatif aux effets thermiques de dissolution est la seule particularité intéressante présentée par l'étude calorimétrique ci-dessus; à ce point de vue, les deux chlorures précédents peuvent être rapprochés du sulfate d'aluminium et des chlorures ferreux et manganeux précédemment étudiés ([2]).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la structure sur la résistance au fluage d'un acier austénitique.* Note ([1]) de MM. **Marcel Sédille** et **Ernest Morlet**, présentée par M. Léon Guillet.

Il a été souvent constaté que des résistances au fluage des aciers à haute teneur en nickel et en chrome, avec ou sans addition de tungstène, de structure austénitique avec carbures complexes, pouvaient être très différentes pour des éprouvettes ayant les mêmes compositions chimiques, et l'on sait qu'il faut en rechercher la cause dans les différences qui peuvent exister entre leur histoire thermique antérieure. Les traitements thermiques influent, en effet, grandement sur la structure micrographique des échantillons, et l'on est alors amené à penser que cette dernière est en partie déterminante de la résistance au fluage.

L'état d'emploi des aciers étudiés correspond à une structure composée de grains d'austénite et de carbures complexes déposés entre les grains par le traitement de stabilisation. La grosseur des grains peut être extrêmement variable : à l'état moulé, le grain peut être extrêmement gros, de même que dans le cas de métal déposé par soudure à l'arc; à l'état corroyé, il est déjà moins gros, et à l'état laminé il est

([2]) *Comptes rendus*, 198, 1934, p. 1410; 190, 1930, p. 52; 212, 1941, p. 701.

([1]) Séance 20 du octobre 1941.

nettement plus fin : En première approximation, l'état de la structure peut être caractérisé par la grosseur du grain et, en fait, la résistance au fluage semble en dépendre assez notablement, comme il ressort d'essais effectués sur des échantillons de même composition chimique et ayant, soit naturellement du fait de leur méthode d'élaboration, soit par traitement convenable, des grosseurs de grains variables. Tous les échantillons étudiés ont subi préalablement à l'essai le traitement de stabilisation composé d'un chauffage à 1150° pendant 1 heure, suivi d'un revenu vers 900° pendant 6 heures. La composition des échantillons étudiés est sensiblement la suivante, les variations d'un échantillon à l'autre étant très faibles :

C.	Si.	Mn.	S.	P.	Ni.	Cr.	Tu.
0,24	1,43	0,76	0,01	0,03	8,63	19,43	3,92

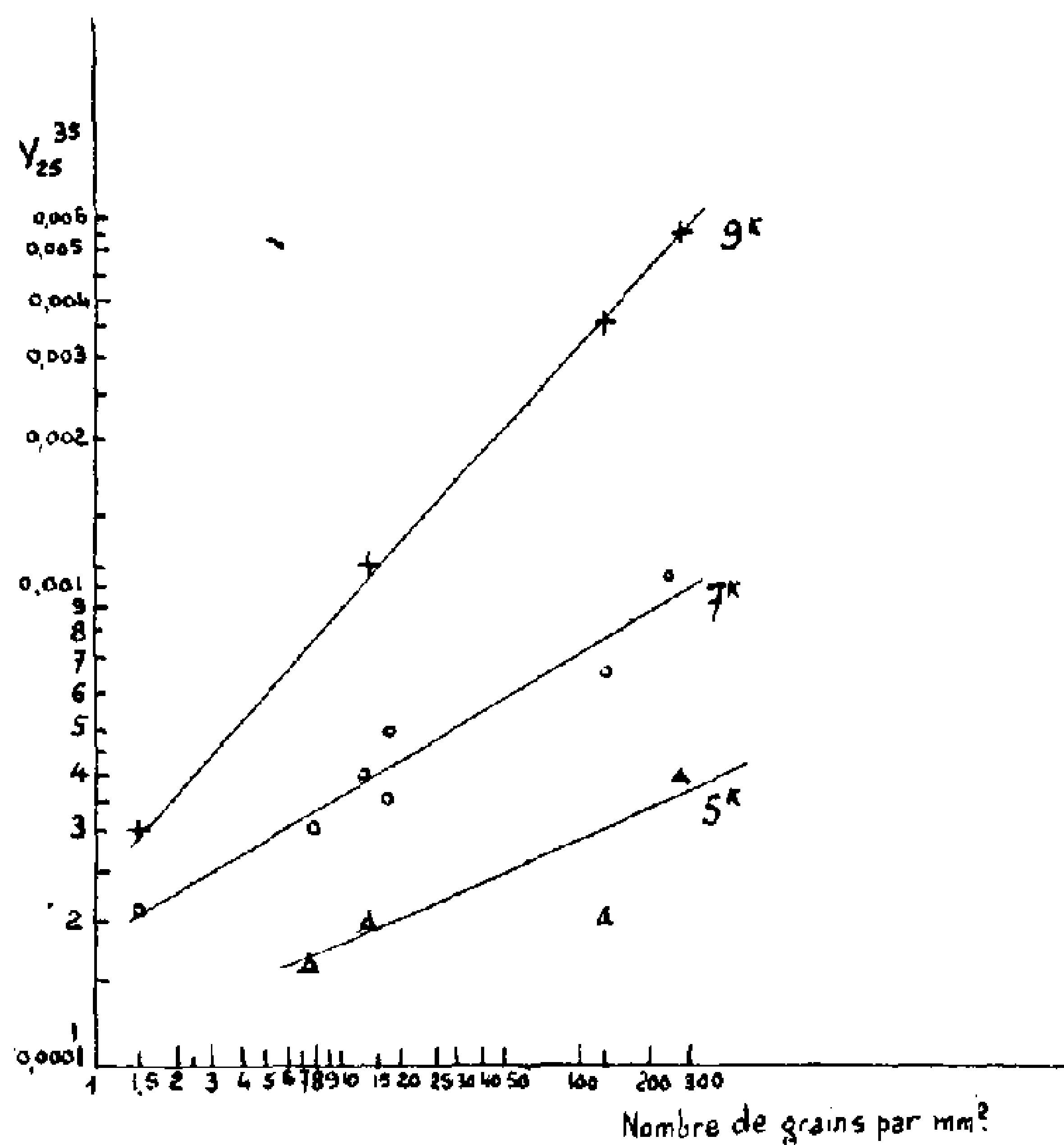
Les échantillons 1, 2, 3, 4 et 5 du tableau ci-dessous sont des produits courants, laminés ou forgés, d'un degré de corroyage variable. L'échantillon n° 6 est un laminé dont le grain a été grossi artificiellement par le maintien à une température de 1200/1225° pendant deux heures.

Les résultats de ces essais effectués à 750° sous différentes charges sont reportés dans le tableau ci-dessous et sont traduits en courbes en fonction de la grosseur du grain sur un graphique logarithmique.

Numéro des échantillons.	État des échantillons.	Nombre de grains par mm².	Vitesses de fluage entre la 25e et la 35e heure.		
			Ch. 5 kg/mm².	7 kg/mm².	9 kg/mm².
1.....	Laminé	290	$4,0 \times 10^{-4}$ % h.	$11,0 \times 10^{-4}$ % h.	$57,0 \times 10^{-4}$ % h.
2.....	Laminé	130	$2,0 \times 10$ »	$6,5 \times 10$ »	$35,0 \times 10$ »
3.....	Forgé	16	–	$5,0 \times 10$ »	–
4.....	Forgé	14	$2,0 \times 10$ »	$4,0 \times 10$ »	$12,0 \times 10$ »
5.....	Forgé	8	$1,6 \times 10$ »	$3,0 \times 10$ »	$14,0 \times 10$ »
6.....	Laminé, grain grossi par trait. therm.	1 à 2		$2,1 \times 10$ »	$3,0 \times 10$ »

Dans l'ensemble, les résultats de l'essai semblent indiquer qu'il y a une bonne corrélation entre la résistance au fluage d'échantillons de même composition et la grosseur moyenne des grains d'austénite. L'influence de la grosseur du grain semble même très supérieure à l'influence de petites variations dans la composition. Dans certains cas, la vitesse de fluage entre la 25e et la 35e heure d'un acier à gros grain est plus de 10 fois plus faible que celle d'un acier à grain fin.

Les résultats obtenus viennent à l'appui de l'explication donnée par A. E. White et C. L. Clark (*Transactions of the American Society for*



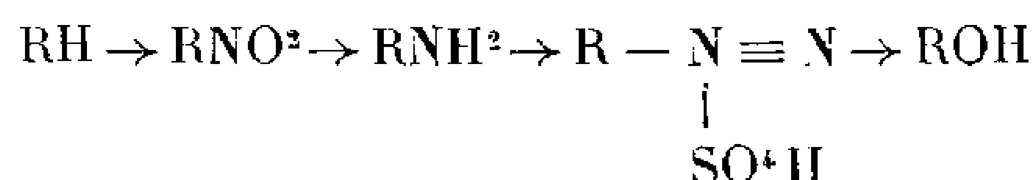
Steel Treating, janvier 1935, et *Revue de Métallurgie*, Mémoires, juin-juillet 1938), la résistance au fluage des grains étant alors à la température de l'essai plus grande que celle des joints, ce qui favorise la résistance des aciers à gros grain.

Naturellement les échantillons à gros grains présentent, par contre, d'autres inconvénients, tels qu'une diminution de l'allongement à froid et une augmentation générale de la fragilité pouvant même augmenter vraisemblablement les chances de ruptures intercristallines.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle synthèse du thymol.* Note de M. Léonce Bert.

Des nombreuses synthèses du thymol (hydroxy-3-*p*-cymène) qui ont été proposées, aucune n'emprunte la voie qui mène du carbure au phénol par le dérivé mononitré, l'amine et le sulfate de diazonium correspondants,

voie jalonnée par les formules



A vrai dire, les deux dernières étapes ont été parcourues par O. Widmann ([1]), mais la thymylamine ou cymidine-3 n'a été obtenue par lui qu'à partir de l'aldéhyde *p*-cuminique et non du *p*-cymène.

Un maillon manquait à la chaîne de réactions ci-dessus, le nitro-3-*p*-cymène. La mononitration du *p*-cymène est réputée ne donner que le nitro-2-*p*-cymène. Pensant que cette nitration n'échappe pas à la règle qui veut que les dérivés mononitrés prévus par la théorie se forment tous, nous avons, à l'occasion d'un important travail sur le *p*-cymène confié en 1931 à M. J. Matet, recherché le nitro-3-*p*-cymène alors et encore inconnu. Les dérivés en 3 du *p*-cymène bouillent, en général, quelques degrés plus bas que les isomères en 2. Nous avons donc fractionné systématiquement les têtes de distillation de 10^{kg} de mononitro-*p*-cymène industriellement pur provenant de la nitration de 10^{kg} de *p*-cymène pur.

Ce long effort a été récompensé par l'isolement de 35^{g} du produit attendu.

Le nitro-3-*p*-cymène cristallise de l'alcool chaud, additionné d'eau à trouble persistant, en fines aiguilles blanchâtres, devenant ambrées à la longue.

Son odeur est sensiblement de même note que celle du nitro-2-*p*-cymène, mais beaucoup plus puissante. Elle vérifie remarquablement la règle dite de configuration idéale énoncée par G. Cohn pour les composés trisubstitués du benzène du type 1, 3, 4.

Le nitro-3-*p*-cymène fond à 50°,5. Il bout à 122° sous 18^{mm}, tandis que le nitro-2-*p*-cymène, liquide, bout à 129° sous la même pression. On voit qu'à la température ordinaire il y a entre l'état physique des deux isomères la même différence qu'entre les phénols correspondants : le thymol solide et le carvacrol liquide.

Réduit par le fer et l'acide chlorhydrique, le nitro-3-*p*-cymène donne la cymidine-3 ou thymylamine, déjà préparée par O. Widmann ([1]). Nous n'avons plus eu qu'à suivre ses indications pour réaliser une nouvelle et très simple synthèse du thymol à partir du *p*-cymène.

([1]) *Ber. d. chem. Ges.*, 15, 1882, p. 170.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de préparation de carbures benzéniques ω-chlorallylés*. Note de M. **Paul Bert**.

L. Bert a montré [1] que la condensation du dichloropropène-1.3 avec les combinaisons organomagnésiennes mixtes RMgX à radical R benzénique fournissait, avec d'excellents rendements, les dérivés ω-chlorallylés de formule $R-CH^2-CH=CHCl$.

L'atome d'halogène vinylique du dichloropropène-1.3 étant beaucoup moins labile que celui du groupement CH^2Cl, nous avons, sur les conseils de L. Bert, cherché à voir si la méthode de Friedel et Crafts, appliquée aux carbures benzéniques et à ce réactif, ne donnerait point certains des composés précédents.

Cette prévision s'est remarquablement vérifiée, mais il faut, pour réussir, observer les conditions ci-après :

10^{mol} de carbure benzénique recouvrant 5 à 10 millièmes de chlorure d'aluminium anhydre pulvérisé sont chauffées à reflux au bain-marie bouillant et additionnées peu à peu d'une molécule de dichloropropène-1.3. La durée de l'opération est d'environ une heure. Le liquide se colore généralement en beau vert foncé (en brun avec les triméthylbenzènes). On laisse refroidir, traite par l'eau, décante, sèche et fractionne le liquide orangé rouge à fluorescence verte ou bleue obtenu.

Les rendements varient, suivant les cas, de 50 à 80% (10% seulement avec le mésitylène).

Nous avons opéré jusqu'ici avec le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, les *o-m-p*-xylènes, le cumène, le pseudocumène, le mésitylène, le pseudobutylbenzène, le *p*-cymène et le pseudoamylbenzène.

Avec les benzènes monosubstitués, la chaîne ω-chlorallylée se fixe en para; avec les benzènes polysubstitués, elle s'introduit en même position que le brome employé à froid, à l'abri de la lumière, seul ou en présence d'iode.

Nous ne donnerons les caractéristiques des combinaisons



$$R-CH^2-CH=CHCl$$

obtenues que pour le pseudoamylbenzène, les autres ayant déjà été indi-

[1] *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1504.

quées par L. Bert et ses élèves : liquide incolore, de formule $C^{11}H^{19}Cl$, E_{15} 148°; d_4^{13} 0,988 et n_D^{13} 1,5225.

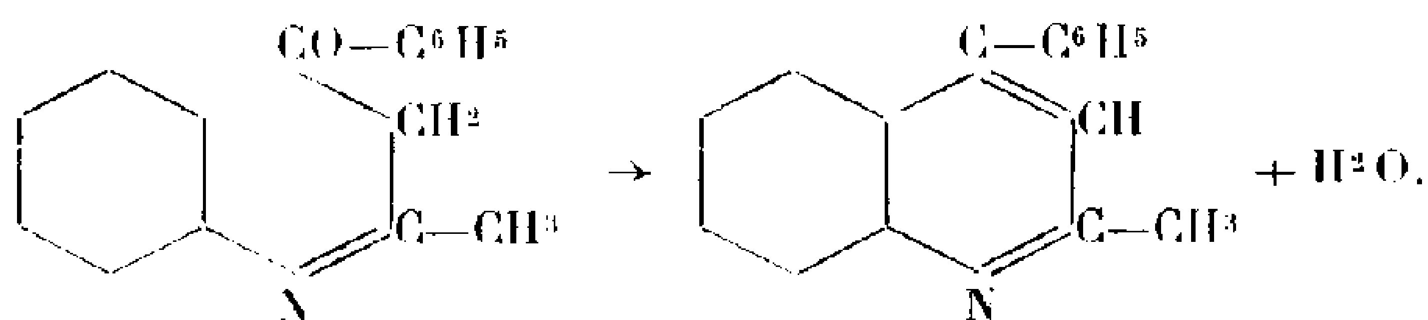
Notre méthode de préparation l'emporte en simplicité, rapidité et bon marché sur celle de L. Bert, toutes les fois qu'elle conduit au même carbure benzénique ω-chlorallylé (mésitylène excepté). Elle évite en effet la préparation du bromure benzénique et l'emploi de magnésium et d'éther plus coûteux que le peu de chlorure d'aluminium nécessaire. La réaction n'est pas univoque. Nous avons pu établir l'existence de deux réactions secondaires.

Avec le benzène, par exemple, nous avons obtenu à côté de l'ω-chlorallylbenzène, de l'homostilbène $C^6H^5 - CH^2 - CH = CH - C^6H^5$ (phénylstyrylméthane, phénylbenzyléthylène-1.2, diphénylpropène-1.3) et du triphénylpropane-1-3-3 $C^6H^5 - CH^2 - CH^2 - CH\ (C^6H^5)^2$, dont la formation s'explique aisément. En augmentant la dose de chlorure d'aluminium anhydre et la durée de chauffe, la formation d'homostilbène devient prépondérante, à tel point qu'elle constitue alors une nouvelle préparation de ce carbure : la meilleure publiée à ce jour.

La série homostilbénique ne comportait jusqu'ici que quelques unités sur les quelques centaines prévisibles. La série entière devient accessible, à partir des carbures benzéniques condensés, en présence de chlorure d'aluminium anhydre, soit avec le dichloropropène-1.3, soit avec les dérivés $R - CH^2 - CH = CHCl$ obtenus par notre procédé ou par celui de L. Bert.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Cyclisation en quinoléines des anilinométhylène-cétones aromatiques.* Note ([1]) de Mlle **Marthe Montagne** et M. **Maurice Roch**, présentée par M. Marcel Delépine.

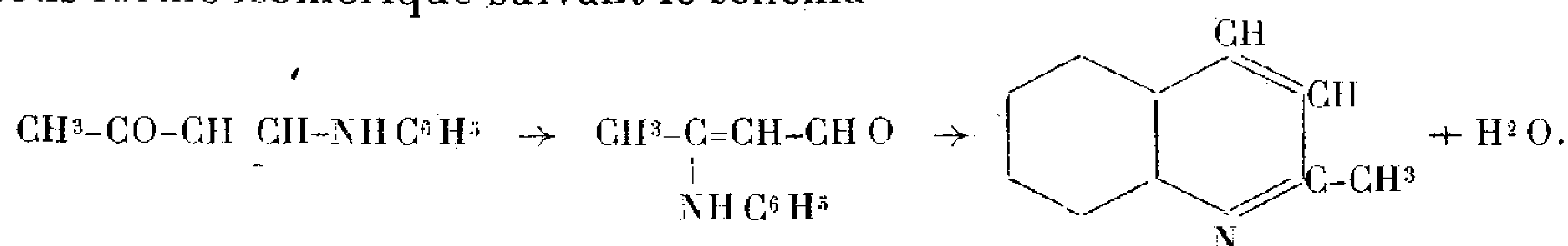
On sait que les dérivés phényliminés des β-dicétones sont aisément cyclisés en quinoléines, sous l'action déshydratante de l'acide sulfurique concentré ([2]). Ainsi, à partir de la benzoyl-acétone, Beyer ([2]) a préparé la phényl-4 méthyl-2 quinoléine :



([1]) Séance du 27 octobre 1941.

([2]) Combes, *Soc. Chim.*, 49, 1888, p. 90; Beyer, *Ber. d. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 1770.

Par contre, la cyclisation des dérivés anilinés des hydroxyméthylène-cétones (ou anilinométhylène-cétones) est une opération relativement difficile. Claisen et Fischer [3] ont essayé vainement de cycliser l'anilinométhylène-acétophénone par la technique de Beyer. Cependant Romet [4] est arrivé récemment à cycliser les dérivés arylaminés de diverses hydroxyméthylène-cétones aliphatiques en les chauffant avec le chlorure de zinc, soit à 180° en l'absence de solvant, soit dans l'alcool isoamylique bouillant. Mais les quinoléines ainsi obtenues n'ont pas la constitution attendue : avec l'anilinométhylène-acétone on obtient en effet non pas la lépidine, mais la quinaldine. Romet admet que le dérivé aniliné en question réagit sous forme isomérique suivant le schéma



Les cyclisations réalisées par Romet donnent des rendements faibles; en outre, dans plusieurs des cas étudiés, la quinoléine obtenue n'était pas homogène.

Nous avons repris cette question en nous adressant cette fois aux dérivés anilinés d'hydroxyméthylène-cétones aromatiques, en commençant notre étude par l'anilinométhylène-acétophénone et l'anilinométhylène-butyrophénone.

Pas plus que Claisen et Fischer, nous n'avons réussi à cycliser ces composés sous l'action de l'acide sulfurique concentré. Nous avons constaté que, à froid, ce réactif n'agit que pour introduire dans la molécule un groupe sulfoné, probablement sur le noyau de l'aniline. Les composés solides isolés, fortement acides, donnent des sels alcalins qu'on purifie aisément par cristallisation dans l'eau. On a ainsi, pour le premier terme, un sel répondant à la formule $C^6H^5.CO.CH:CH.NH.C^6H^4.SO^3K$, qui est dédoublé par hydrolyse en acétophénone et acide parasulfanilique. L'action de la chaleur sur le dérivé sulfoné, ou sur son sel, ne permet pas de le cycliser.

Nous avons alors soumis l'anilinométhylène-acétophénone à l'action du chlorure de zinc, dans les conditions utilisées par Romet, mais là non plus nous n'avons pu aboutir à aucun résultat positif.

---

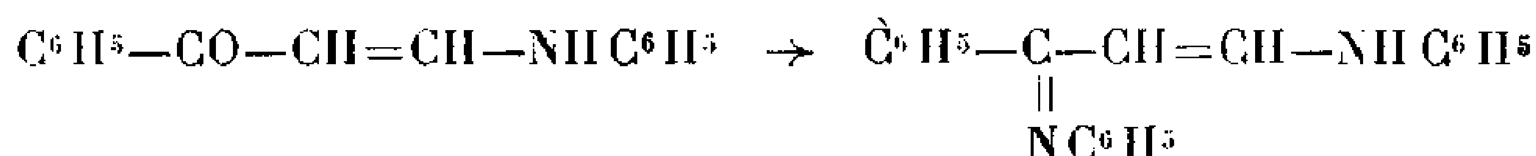
(3) *Ber. d. chem. Ges.*, 20, 1887, p. 2193.

(4) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1676; *Thèse*, Paris, 1937, pp. 91 et suivantes.

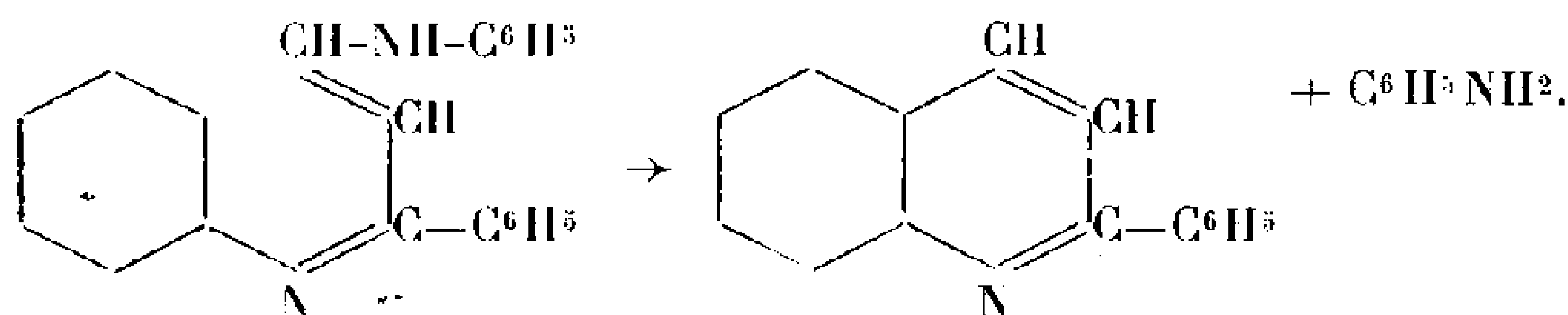
A la suite de ces échecs, nous avons pensé que la cyclisation des anilino-méthylène-cétones pourrait être facilitée si nous introduisions dans la molécule un groupement $>C=NC^6H^5$, c'est-à-dire, en définitive, si nous pouvions faire entrer en jeu directement le groupe cétonique de l'hydroxy-méthylène-cétone. Blaise (⁵) attribue en effet à la présence préalable du groupe $>C=NC^6H^5$ dans la molécule la cyclisation facile des dérivés phénylíminés des β-dicétones. D'autres auteurs (⁶), pour des séries différentes, ont fait des remarques analogues.

Les faits ont justifié nos prévisions. En chauffant à 180° environ, avec un excès d'aniline et un catalyseur de cyclisation (chlorure de zinc ou mieux chlorhydrate d'aniline), le sel de sodium ou bien le dérivé aniliné de l'hydroxyméthylène-acétophénone, nous avons obtenu la phényl.2-quinoléine, avec un rendement de 25 %. L'hydroxyméthylène-butyrophénone est transformée de même façon en phényl-2 éthyl-3 quinoléine; ici, la cyclisation est plus facile encore, on la réalise de préférence avec l'hydroxy-méthylène-cétone elle-même; les rendements en phényl-2 éthyl-3 quinoléine dépassent alors 40 %.

Les conditions opératoires rendent très vraisemblable le schéma de transformation qui suit (à partir de l'anilinométhylène-acétophénone), mais il ne nous a pas été possible d'isoler le composé intermédiaire diarylé qui subit sans doute immédiatement la cyclisation :



ou



Nous avons identifié les quinoléines ainsi préparées avec les mêmes composés obtenus par la méthode de Döbner et Miller, c'est-à-dire respectivement à partir des aldéhydes cinnamique et α-éthylcinnamique. La

(⁵) Blaise et Maire, *Bull. Soc. Chim.*, 3, 1908, p. 666.

(⁶) M. Garry, *Comptes rendus*, 21, 1941, p. 403; *Thèse*, Paris, 1941, p. 67.

phényl-2 éthyl-3 quinoléine, $C^{17}H^{15}N$, n'était pas connue; c'est un corps bien cristallisé, soluble dans l'alcool et l'éther, F 63°; picrate F 168°; iodométhylate F 260° (déc.).

LITHOLOGIE. — *Sur la constitution du* bri *charentais.*
Note de M. **Christian Roehrich.**

Le *bri* des marais charentais est un dépôt d'aspect argilo-marneux, très compact, de couleur bleue à l'état humide et gris bleuâtre mat après desséchement. Il se rencontre comme substratum des marais et des plaines maritimes de la côte du centre-ouest de la France, sur l'emplacement d'anciens golfes où débouchaient des rivières à estuaires, Sèvre Niortaise, Charente et Seudre. Jules Welsch (1) a considéré ce bri comme une *argile* à *Scrobiculaires*, formée de vases marines, un peu calcaires avec sable excessivement fin.

Dans la Notice de la Carte géologique au 1/80000e de Saintes, le bri, noté *a2b*, est désigné comme une argile un peu sableuse; dans celle de La Rochelle, il est noté *a*2, comme un *limon argileux*. D'après ces cartes et divers sondages, la puissance de ce bri serait de 35m au maximum. Les échantillons que j'ai étudiés proviennent, tous, du bassin de la Seudre, entre cette rivière et la rive droite de la Gironde, dans ce qu'on appelle la presqu'île d'Arvert. Ils ont été prélevés au cours des travaux pour la réfection des écluses des marais et de claires à huîtres à la Tremblade.

Pour Jacques Bourcart (2), le bri du Marais Poitevin a une constitution physique identique et une faune planctonique équivalente à celles des vases des estuaires de la Manche et de l'Atlantique. J'ai reconnu qu'il en était de même pour le bri charentais :

En effet, les premières études microscopiques, chimiques et physiques auxquelles je me suis livré sur un échantillon de bri de la Tremblade, ont donné les résultats suivants :

1° *Granulométrie* (3).

Phase *ballast* ($> 2^{mm}$) néant; *sable* ($< 2^{mm} > 0^{mm},04$) 1,30 % (en général, sablons très fins); *poudre* ($< 0^{mm},04$) 98,70 %.

---

(1) *Bull. Soc. Géol.*, 19, 1919, pp. 46 à 61.
(2) *Comptes rendus som. Soc. Géol.*, 6, 1939, p. 73.
(3) *Bull. Soc. Géol. Fr.* (sous presse), 11, 1941.

2° *Composition chimique.*

Teneur en chlorures, 1,3 %. Constituants organiques, *a.* matière organique totale, 5 %; *b.* l'acide humique, dosé suivant la méthode donnée par J. Bourcart et P. Péreau ([1]), atteint 0,23 %, c'est-à-dire, en première approximation, 1/5e de la teneur moyenne des vases en matière organique.

Teneur en carbonates : aucune effervescence à l'acide chlorhydrique.

3° *Propriétés physiques.* — J'ai utilisé les méthodes d'Atterberg pour déterminer la limite de liquidité et de plasticité du bri.

Limite de liquidité atteinte pour un pourcentage en eau par rapport au poids sec de, 57 %.

Limité de plasticité atteinte pour un pourcentage en eau par rapport au poids sec de, 17 %.

Indice de plasticité, 40 %.

4° *Étude minéralogique.* — J'ai constaté qu'il existe un passage continu entre le bri et les vases actuelles de l'estuaire de la Seudre. En frottis, le bri et la vase actuelle montrent une constitution presque identique. On y trouve en effet, avec des grains de quartz, plus ou moins enrobés dans une matière brune, les mêmes Diatomées, spicules de Spongiaires siliceux et les mêmes restes d'animaux ou de végétaux *planktoniques*, Silicoflagellés, Coccolites, Foraminifères etc.

Toutefois, dans les plaques minces du bri seulement, et surtout dans des frottis de culots de centrifugation, j'ai pu constater la présence d'un minéral opaque, en petits cristaux cubiques de dimensions sensiblement égales, de couleur jaune clair en lumière réfléchie, qui est de la pyrite de fer (FeS^2). Il semble que cette pyrite soit de formation secondaire, puisque dans les vases actuelles de cette région on n'en trouve pas trace, non plus d'ailleurs que dans le sable marin du littoral. On ne constate, dans les vases actuelles, que la présence de fer colloïdal noir, sous forme de pellicule enrobant les grains de quartz de la phase pulvérulente ou de fins granules de l'ordre du μ (hydrate de FeS). La formation de cette pyrite cristallisée pourrait peut-être s'expliquer par l'action de l'H^2S produit, soit par la décomposition dans la vase des matières organiques qui s'y trouvent, soit par l'action des sulfobactéries, comme l'ont envisagé les auteurs qui ont étudié les vases des *limans* du Sud de la Russie ou celles de la Mer Noire.

Il reste à déterminer si la présence de cette pyrite est constante dans tous

([1]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 1044.

les bris, tant charentais que poitevins, et ses variations quantitatives suivant les gisements, la profondeur de prise et l'âge relatif des échantillons étudiés.

PHYSIQUE TERRESTRE. — *Méthode différentielle de prospection électrique du sous-sol.* Note (¹) de M. **Frédéric Diénert**, présentée par M. Charles Maurain.

Grâce aux fonds que l'Académie a bien voulu nous accorder sur le legs Loutreuil, nous avons pu étudier, sur modèle réduit, une variante du procédé de prospection électrique du sol par la méthode de la résistivité. Nous l'avons désignée sous le nom de méthode différentielle en raison de ses dispositions essentielles.

Dans cette méthode nous distinguerons le procédé avec trois câbles et

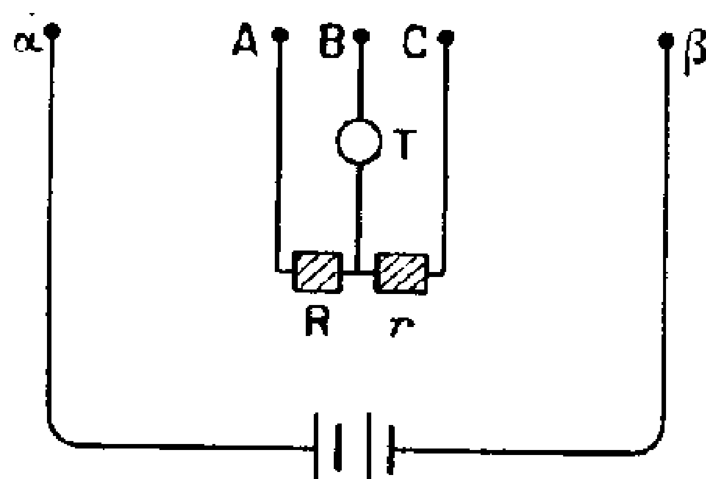


Fig. 1.

le procédé avec quatre câbles. Le premier sert à la prospection dans un plan horizontal, le second dans la prospection en profondeur.

Le procédé avec trois câbles est ainsi équipé :

Deux électrodes (²) α et β par lesquelles on envoie le courant (continu ou alternatif) dans le sol. A, B, C sont les électrodes d'exploration

$$AB = BC, \qquad \alpha A = AC = C\beta.$$

A et C sont reliées entre elles, et sur le circuit on intercale les résistances R et r. L'électrode B est placée sur le circuit BT, en pont sur le circuit AC. T est un téléphone ou un galvanomètre. Si l'on désigne par ρ et ρ' la résistivité du sol respectivement entre A et B et entre B et C, il est facile de montrer que le courant électrique sera nul sur le circuit BT quand $\rho/\rho' = (R + \alpha)/(r + \alpha')$, α' et α étant la résistance des fils non négligeable dans ce cas. On élimine α et α' en faisant deux déterminations successives. On a alors $\rho/\rho' = (R - R')/(r - r')$. Cette méthode permet de

(¹) Séance du 20 octobre 1941.

(²) Toutes les électrodes sont en charbon de cornue et de dimensions identiques.

reconnaître la plus ou moins grande homogénéité du sol dans le plan horizontal.

La méthode dite des 4 câbles est représentée par la figure 2 et est

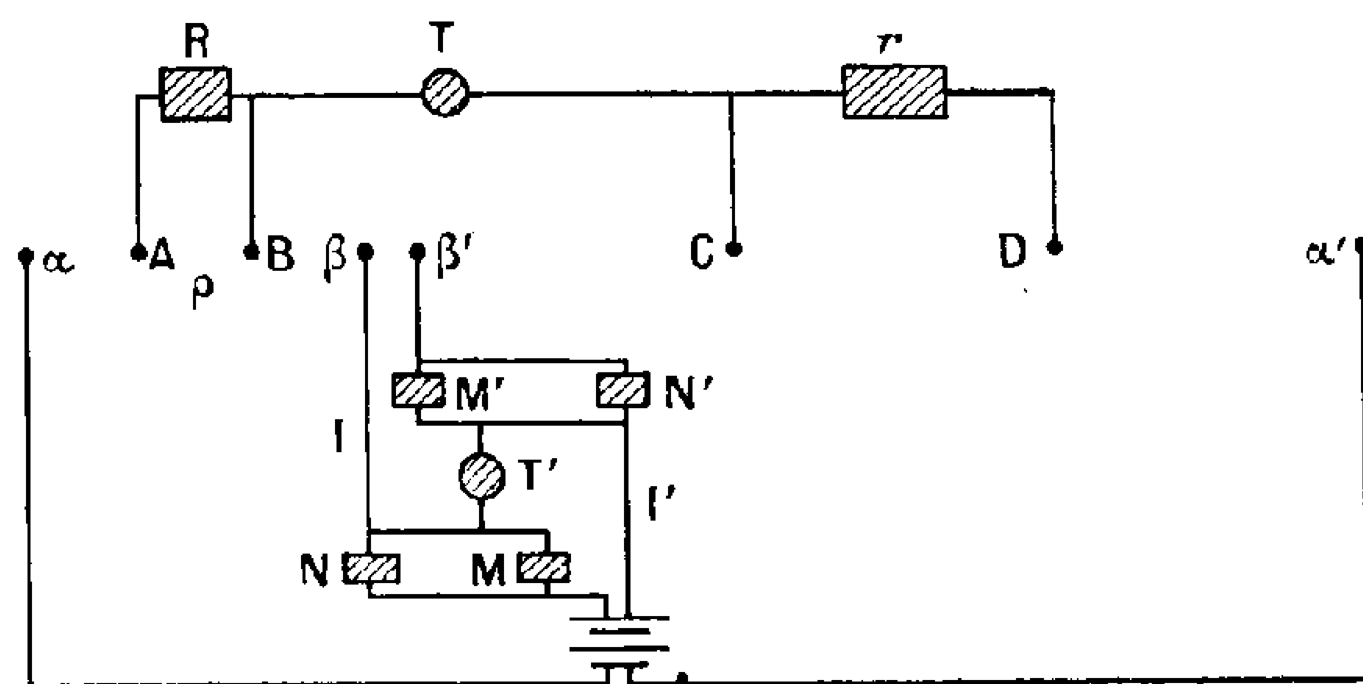


Fig. 2.

utilisée quand on a reconnu, par la méthode des 3 câbles, que le sol était, sur le plan horizontal, homogène sur une grande étendue. Dans la méthode des 4 câbles, on dispose de deux circuits : l'un $\alpha AB\beta$, l'autre $\alpha' DC\beta'$. Les électrodes d'exploration A — B — C — D sont placées de telle sorte que $A\alpha = AB = B\beta$ tandis que $\beta' C = CD = D\alpha'$, mais $\alpha\beta \neq \alpha'\beta'$, avec le circuit $\alpha'\beta'$ on explore plus profondément qu'avec le circuit $\alpha\beta$.

Les circuits $\alpha AB\beta$ et $\alpha' CD\beta'$ sont ceux ordinairement utilisés dans l'exploration par la méthode de la résistivité. On sait que $dV = K\rho/I$ si dV est la différence de potentiel entre AB et I l'intensité du courant envoyé dans $\alpha.\beta$. Si l'on désigne par dV' la différence de potentiel entre CD, on aura $dV' = K\rho/I'$, d'où $dV/dV' = (f/C') \times (I'/I)$. Comme dans la méthode aux 3 câbles, on mesure dV/dV' par les circuits ARB et CrD. Quand il n'y a pas de courant en T (téléphone ou galvanomètre), on a $dV/dV' = R - R'/r - r'$.

Pour mesurer I/I' on se sert de deux circuits auxiliaires MN et M'N'. Il n'y aura aucun courant dans T' quand $I'/I = (M/M') \times (M' + N'/M + N)$. Nous connaissons maintenant

$$\frac{\rho}{\rho'} = \frac{R - R'}{r - r'} \times \frac{M}{M'} \times \frac{M' + N'}{M + N}.$$

On obtient ainsi les variations de la résistivité du sol avec la profondeur.

Il est intéressant de pouvoir déceler très rapidement le moment où commence la modification de résistivité du terrain prospecté. On y arrive par l'artifice suivant.

On introduit entre les prises de terre A et B, par exemple, une résistance

auxiliaire qu'on fait varier successivement, et l'on détermine chaque fois le rapport $R - R'/r - r'$ comme il a été dit. Les chiffres obtenus sont portés en coordonnées tandis qu'en abscisses on inscrit l'inverse des résistances auxiliaires introduites. Dans nos essais celles-ci ont varié de 300 à 3000 ohms. La courbe obtenue est une droite qui, prolongée jusqu'à l'axe des coordonnées, donne pour ρ/ρ', quand le terrain est hétérogène, un chiffre différent de celui obtenu directement.

Voici, à titre d'exemple, deux résultats obtenus

	Détermination de ρ/ρ'	
	directe.	d'après la courbe.
Terrain homogène..................	1,01	1,02
Terrain hétérogène.................	1,23	1,60

Le procédé différentiel que nous avons étudié donne les mêmes résultats avec le courant continu et le courant alternatif. Les électrodes de prise de courant étaient en charbon de cornue, et nous n'avons jamais été géné par les courants telluriques, vagabonds, ou par la polarisation des électrodes qui ne peuvent plus intervenir dans ce procédé qui peut être efficacement employé dans la recherche des eaux, la détermination des anticlinaux, des synclinaux et des failles.

BOTANIQUE. — *Sur l'intensité des échanges respiratoires des tissus végétaux en culture : tissu primitif et tissu néoformé.* Note de MM. **Lucien Plantefol** et **Roger Gautheret**, présentée par M. Marin Molliard.

Nous avons étudié ([1]) les variations de l'intensité respiratoire de tissus végétaux en culture : sur des fragments de cambium de *Salix Capræa* L. placés dans les conditions où se produit la croissance de la culture, nous avons rencontré, après l'isolement du tissu végétal, deux périodes consécutives, marquées l'une par une élévation progressive, l'autre par un abaissement de l'intensité respiratoire; nous avons vu d'autre part dans quelle proportion le glucose du milieu nutritif intervient pour la réalisation de ces échanges. Sur le même matériel, nous avons comparé les échanges respiratoires du tissu primitif et ceux du tissu néoformé.

La technique consistait à prendre des cultures ayant accompli déjà une croissance importante, à détacher le tissu de néoformation du tissu primitif, et à étudier isolément la respiration de ces deux tissus. Le choix de *Salix Capræa*, pour effectuer cette recherche, est d'autant mieux fondé qu'il

([1]) *Comptes rendus*, **207**, 1938, p. 1121 et **208**, 1939, p. 927.

n'existe pas, entre la partie néoformée et la partie primitive de la culture, un tissu intermédiaire et que la séparation peut être parfaite. Les tissus isolés sont d'ailleurs profondément différents : ainsi, 48 jours après son prélèvement, fait au mois de mai, le fragment de cambium est chargé de membranes partiellement épaissies; il est appauvri en protoplasme; sa teneur en eau est faible (moyenne de 9 déterminations portant sur des fragments de culture au contact d'un milieu glucosé : 290 d'eau pour 100 parties sèches). A ce moment au contraire le tissu néoformé est constitué de très grandes cellules à parois fines, où le cytoplasme peut être déjà réduit à une pellicule mince entourant une vacuole; il a une teneur en eau très élevée (moyenne de 16 déterminations : 1750 d'eau pour 100 parties sèches).

Pour la mesure de l'intensité respiratoire, afin d'éviter la réalisation d'oxydations extrinsèques au contact d'un milieu glucosé, les fragments de tissus ont été placés sur un milieu minéral destiné à empêcher leur dessiccation. La durée de l'expérience a été choisie inférieure à 24 heures, assez courte pour que la culture ne souffre point de l'épuisement de ses réserves. La mesure des échanges gazeux a utilisé les mêmes techniques que les recherches précédentes : atmosphère confinée, la teneur en CO^2 finale n'atteignant pas 2 % ; analyse d'un échantillon de l'atmosphère au début et en fin d'expérience.

Voici un exemple de résultats expérimentaux; les volumes échangés sont exprimés de deux manières : (1) en centimètre cube pour 18 heures de respiration; (2) en centimètre cube par gramme de substance sèche et par heure. Température comprise entre 23° et 24°.

	Poids (en g.)		CO^2 dégagé.		O^2 absorbé.	
Culture I.	frais.	sec.	(1).	(2).	(1).	(2).
Tissu primitif........	0,518	0,126	0,331	0,146	0,485	0,214
» néoformé......	0,216	0,0095	0,130	0,759	0,188	1,098

Ainsi, comparés à poids frais égal, tissu primitif et tissu néoformé respirent sensiblement avec la même intensité (0,640 et 0,602$^{cm^3}$ par gramme frais en 18 heures).

Comparés à poids sec égal, l'intensité respiratoire du tissu néoformé est 5,2 fois supérieure à celle du tissu primitif.

On peut se demander si le traumatisme dû au détachement du tissu néoformé intervient dans ces résultats en augmentant l'intensité respiratoire, comme le fait une section à travers un organe intact.

La culture II, ayant eu même histoire que la précédente, mais présentant un développement visiblement plus abondant du tissu néoformé (poids sec, 0g,0225 au lieu de 0g,0095), a été placée intacte, dans les mêmes conditions expérimentales; ses tissus n'ont été séparés et pesés qu'après l'expérience. Il est possible, connaissant le poids sec de chacun de ses fragments, de calculer, d'après les valeurs des colonnes (2) dans l'expérience précédente, l'intensité qu'auraient eue les échanges pour les fragments isolés; le total de ces deux valeurs est alors comparé à la valeur expérimentale. Voici ces résultats, rapportés à l'heure :

Culture II.	Poids sec (en g).	Valeurs calculées partielles.	Valeurs calculées totales.	Valeurs expérimentales.
		CO^2 dégagé.		
Tissu primitif......	0,115	0,0168	0,0338	0,0308
» néoformé....	0,0225	0,0170		
		O^2 absorbé.		
Tissu primitif......	0,115	0,0246	0,0493	0,0468
» néoformé....	0,0225	0,0247		

Dans ce cas, la valeur expérimentale est inférieure de 9 % pour CO^2, de 5 % pour O^2, à la valeur calculée.

Il y a donc réellement augmentation de l'intensité respiratoire du fait de la section, mais ce phénomène est d'un ordre de grandeur négligeable en pratique. Il ne saurait modifier le rapport entre les intensités respiratoires des deux tissus comparés.

De ces résultats il faut rapprocher ceux que fournissent d'autres cultures, et par exemple celles des fragments de tubercules de Carotte. Les deux tissus sont alors beaucoup moins dissemblables : ainsi, leurs teneurs en eau sont du même ordre de grandeur, relativement élevées (par exemple de 1040 à 1190 d'eau % secs); le rapport entre les intensités respiratoires du tissu primitif et du tissu néoformé est donc sensiblement le même, que l'on compare sur la base du gramme frais ou du gramme sec. Les valeurs obtenues sont pour deux cultures (CO^2 dégagé, en centimètre cube par gramme sec et heure)

tissu primitif : 0,326 et 0,333; tissu néoformé : 0,694 et 0,677.

Les rapports sont ici 1 : 2,13 et 1 : 2,04, la respiration des tissus néoformés étant toujours la plus intense.

Au total, en l'absence de mesures effectives de ces grandeurs, on peut donc penser qu'au cours de la culture, la part des échanges respiratoires à rapporter au tissu néoformé est petite et que, *a fortiori*, la respiration d'entretien des deux tissus l'emporte sur la respiration de croissance.

BIOLOGIE ENTOMOLOGIQUE. — *Pontes aberrantes chez les Éphémères et conséquences biologiques.* Note [1] de Mlle **Marie-Louise Verrier**, présentée par M. Louis Bouvier.

La ponte des Éphémères s'effectue normalement dans l'eau. Cette condition est indispensable pour le développement des œufs. Des pontes ont été observées en milieu temporairement humide et, par suite, défavorable à l'éclosion et à la croissance des larves par Ferago et Lestage. Ferago [2] a vu des *mouches de mai* pondre sur des routes goudronnées ou sur le toit mouillé d'une automobile. Lestage [3] donne des précisions à ce sujet. Il a observé des centaines d'*Ephemera danica* L. déposer leur ponte sur une route rendue luisante par la pluie, des *Ephemerella notata* Etn. en faire autant sur le toit d'une automobile mouillée par la pluie, et enfin une *Cænis horaria* L. pondre sur une feuille de *Glyceria*, à quelques mètres d'une rivière. Denis, Paris et Pillon ont signalé des pontes sur le sol de *Polymitarcys virgo* Ol. [4].

Au cours de ces trois derniers étés, j'ai fait, dans la région d'Issoire (Puy-de-Dôme), des séjours de durée variable selon les années, mais toujours compris entre le 10 juin et le 1er septembre. J'ai capturé de nombreuses Éphémères et observé des pontes aberrantes, assez différentes de celles que décrivent Ferago et Lestage. Ces pontes se rapportent à cinq espèces : *Cænis dimidiata* Steph., *Ephemera vulgata* L., *Ephemerella ignita* Poda, *Heptagenia semicolorata* Curt, *Oligoneuria* sp.

Toutes les observations ont été faites au crépuscule, à proximité d'Issoire, soit dans la vallée de l'Allier, soit dans la vallée de la Couze-Pavin, sur une route bitumée, à des distances de la rivière comprises entre 200 et 400m, et *toujours sur une route sèche*.

1° *Cænis dimidiata.* — J'ai observé cette espèce par centaines, principalement au cours de la deuxième quinzaine de juillet 1940. De très nombreuses femelles se laissaient choir sur la route ou sur l'un des troncs d'arbres bordant cette route. Elles restaient collées à leur substrat par la masse considérable d'œufs qu'elles émettaient dès le contact avec un corps solide. J'ai observé de telles pontes dans mon filet à Insectes ou sur la

(1) Séance du 27 octobre 1941.

(2) *Pêche illustrée*, n° 193, 1937, p. 122.

(3) *Bull. et Ann. de la Soc. Entom. de Belgique*, 77, 1937, p. 332.

(4) *Bull. scient. de Bourgogne*, 6, 1936, p. 99.

paroi des tubes de verre dans lesquels je déposais des *Cænis*. Les Insectes ainsi englués se débattaient, ce qui provoquait souvent des déchirures de la paroi ventrale de l'abdomen, et ne tardaient pas à mourir.

2° *Ephemera vulgata*. — Cette espèce est relativement rare dans la région d'Issoire. Je n'en ai observé qu'à la fin de juillet 1941 et quelques individus seulement. Parmi eux, deux femelles volaient avec leur paquet d'œufs formé de deux cylindres accolés de 4^{mm} de long et de 1^{mm} de large. L'une d'elles, en heurtant le sol, a laissé choir sa ponte; l'autre en a fait autant dès le contact avec le filet.

3° *Ephemerella ignita*. — Au cours de ces trois étés, j'ai observé des centaines de femelles volant au-dessus de la route avec leur masse ovigère sphérique. Ces masses ovigères étaient toujours suspendues par un mince filament à la partie inférieure de l'abdomen. Je n'en ai jamais observé sur le dos ou à la base des ailes, comme cela a été dit. A peine capturées, les femelles laissaient choir leurs œufs aussi bien dans le filet que dans un tube de verre. J'ai pu en conserver quelques-unes pendant une heure environ, toujours chargées de leurs œufs, et observer leur comportement au-dessus d'une surface d'eau. La femelle laisse tomber ses œufs dès le contact avec l'eau. La masse ovigère se détache en une seule fois, sans se désagréger; il n'est pas besoin d'immersions successives, comme on l'a précédemment affirmé.

La présence de l'eau n'est pas non plus indispensable à la ponte. L'excitation mécanique consécutive à la capture peut y suffire. Celle-ci n'est même pas nécessaire; j'ai trouvé parfois sur la route, à sec, des masses ovigères récemment déposées.

4° *Heptagenia semicolorata*. — Les œufs de cette espèce sont agglomérés en un long cylindre qui prolonge en quelque sorte l'abdomen de la femelle dans le plan horizontal. L'animal se déplace avec cette ponte et peut la laisser tomber dans les mêmes conditions qu'*Ephemerella ignita*.

5° *Oligoneuria sp.* — Le comportement des *Oligoneuria*, quant au mode de ponte, est à rapprocher de celui des *Cænis*. Les œufs constituent une masse sans forme définie que la femelle dépose sur le sol lorsqu'elle y tombe. La substance visqueuse qui unit les œufs entre eux n'est cependant pas suffisante pour fixer l'animal sur le sol. L'envolée peut donc suivre la ponte.

Ainsi, dans les cas de ces différentes espèces, la présence de l'eau n'est pas indispensable pour déclencher les réflexes de la ponte, puisqu'ils ont lieu ici sur un substrat sec et à une assez grande distance de la rivière. Une

certaine humidité de l'atmosphère est cependant nécessaire pour permettre l'envolée de ces Éphémères. C'est ce qui explique leur activité crépusculaire et leur absence totale après une période de sécheresse de quelques jours seulement. Comment expliquer leur rassemblement au-dessus d'une route bitumée? Après avoir étudié cette question pour une dizaine d'espèces, j'ai dû éliminer l'action du phototropisme, celle du chimiotropisme, et conclure à un thermotropisme positif très net ([5]).

Ces pontes, plus ou moins abondantes suivant les espèces et sur un milieu impropre au développement des larves, conduisent à une perte considérable de celles-ci. Chaque ponte correspond, en effet, à un nombre d'œufs compris entre 400 et 2000 environ. De tels faits ne sont pas uniques parmi les Insectes. Nous avons récemment fait l'exposé d'un certain nombre d'entre eux à propos du comportement de l'adaptation des Triongulins ([6]). Ils s'ajoutent aux exemples donnés par Ét. Rabaud dans son *Essai sur la vie et la mort des espèces* ([7]).

De plus, ces pontes aberrantes d'Éphémères montrent à quel point le comportement et les réflexes de ponte d'un Insecte peuvent être dominés par divers tropismes, quelles qu'en soient les conséquences pour le sort de la progéniture.

La séance est levée à 15h20m.

A. Lx.

([5]) *Bull. Soc. Entom. de France*, 46, 1941, p. 105.

([6]) Ét. Rabaud et M.-L. Verrier, *Bull. Biol. de la France et de la Belgique*, 74, 1940, p. 185.

([7]) *Bull. Scient. de la France et de la Belgique*, 50, 1916, p. 281.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 NOVEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. **CHARLES CAMICHEL** fait, en ces termes, hommage à l'Académie, au nom de M. L. ESCANDE, d'un Volume intitulé *Hydraulique générale*, Tome I, dont il a écrit la *Préface* :

L'hydraulique fait partie des industries anciennes, dans lesquelles la séparation des phénomènes ne s'est réalisée que progressivement, mais existe maintenant d'une façon si complète, dans les grands ouvrages modernes, que ceux-ci constituent de véritables laboratoires. De plus l'étude des liquides envisage des phénomènes plus comparables à eux-mêmes que celle des solides. Enfin l'évolution des autres industries intervenant en hydraulique, comme la métallurgie par exemple, s'est faite dans le même sens, avec un caractère de précision toujours plus accentué. Dès lors les recherches mathématiques ont trouvé une orientation précieuse dans l'expérience, qui leur a fourni l'indication des problèmes à résoudre et des approximations légitimes. Des réactions réciproques se sont établies entre les deux domaines.

Dans son Traité, M. Escande s'est attaché, avec succès, à dégager cette liaison essentielle des mathématiques et des applications industrielles qui caractérise la technique moderne de l'hydraulique. Son Ouvrage apporte une contribution importante dans le domaine de la mécanique des fluides.

CORRESPONDANCE.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur un nouveau type de courbe de fréquence.* Note de M. **Daniel Dugué**, présentée par M. Paul Montel.

On rencontre fréquemment, en statistique, le cas d'une variable aléatoire X ne pouvant prendre que des valeurs positives. Pour représenter une telle variable, les principales lois de fréquence connues à deux paramètres sont la loi de Gauss, la loi de Galton (exprimant que $\log X$ suit une loi de Gauss), la loi III de Karl Pearson sous la forme $y = A x^{\alpha-1} e^{-ax}$.

Il arrive souvent qu'aucune de ces lois ne représente correctement le phénomène étudié. On introduit généralement alors un troisième paramètre, en particulier en disposant au mieux du zéro de la courbe, qui cesse alors de coïncider avec le zéro de la variable. Mais on se heurte ainsi à de nouveaux inconvénients :

Le procédé manque de naturel, et laisse tomber cette précieuse information qu'est le zéro de X;

L'ajustement n'est simple qu'en sacrifiant une partie de la *quantité d'information* dont on dispose; sinon il exige des calculs fort pénibles;

Et surtout *il arrive que le nombre des observations dont on dispose soit si faible* (par exemple quelques dizaines) *que l'estimation de la troisième constante devienne d'une imprécision inacceptable.*

Pour surmonter cette difficulté, nous avons été conduit à essayer un nouveau type de courbe de fréquence. Pour diverses raisons, les unes mathématiques, les autres expérimentales, nous avons imposé à la courbe cherchée les conditions suivantes :

1° ne contenir que deux paramètres;

2° que son zéro coïncide avec le zéro de la variable;

3° que l'estimation des deux paramètres s'effectue d'une façon *exhaustive* (suivant l'expression de M. Darmois) à l'aide de deux fonctions statistiques;

4° qu'elle tende vers zéro, au voisinage de $X = \infty$ à peu près comme la courbe III de Pearson, mais *plus vite que celle-ci au voisinage de l'origine*;

5° que les *limites de confiance* à K %, l'inférieure et la supérieure, aient la même moyenne géométrique quel que soit K (ou encore que la courbe représentant $\log X$ soit symétrique).

Toutes ces conditions sont réalisées par la fonction

$$y = \frac{A}{x} e^{-ax-\frac{b}{x}}.$$

Nous l'appelons le *type harmonique*. La constante d'intégration A se calcule par une fonction de Bessel. La médiane $\sqrt{b/a}$ est un paramètre d'échelle. Le paramètre de forme est $\lambda = ab$.

L'estimation de a et b se fait par les moyennes arithmétique et harmonique; elle est exhaustive. Le calcul utilise deux fonctions de Bessel.

CONCLUSION. — *Nous avons mis à l'épreuve le type harmonique sur l'exemple qui faisait l'objet de nos recherches* (crues de rivières). *La concordance a été, jusqu'ici, extrêmement satisfaisante.*

Remarque. — On peut généraliser le type harmonique de diverses façons; la plus intéressante consiste à poser

$$y = A x^{\alpha-1} e^{-ax-\frac{b}{x}}.$$

On obtient une courbe à trois constantes, a, b, α, dont une estimation exhaustive est fournie par les trois moyennes : arithmétique, harmonique, géométrique. Le type III de Pearson en est une forme dégénérée ($b = 0$).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le problème de la dérivée oblique relatif aux équations linéaires aux dérivées partielles ou intégrodifférentielles du type elliptique canonique à deux variables.* Note (¹) de M. **MAURICE GEVREY**.

Les problèmes aux limites comportant une dérivée oblique, qui ont donné lieu depuis quelques années à de remarquables travaux, avaient été rencontrés antérieurement par Poincaré et Gaston Bertrand dans la théorie des marées : ce dernier avait proposé une solution basée sur l'emploi des intégrales principales (²), dont la théorie complète a été édifiée par M. Giraud (³). En 1924, j'avais indiqué un procédé de résolution différent du précédent et relatif à l'*équation intégrodifférentielle des marées :* la dérivée oblique de l'inconnue est alors nulle à la frontière. J'ai ensuite étendu cette méthode à des équations plus générales et au problème aux

(¹) Séance du 3 novembre 1941.
(²) *Annales Éc. Norm. sup.*, 40, 1923, p. 151.
(³) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1462.

limites linéaire [4]. Je me propose ici de reprendre cette question et, avant d'indiquer une seconde méthode, de revenir sur la première au point de vue des *quasi-fonctions de Green*, dont j'ai déjà fait emploi. Ceci me permettra de préciser certains points, élargir quelques hypothèses, étendre le procédé aux systèmes. Enfin il convient d'ajouter à la quasi-fonction de Green utilisée un terme correctif nécessaire à son uniformisation.

$P(x, y)$ et $\Pi(\xi, \eta)$ étant deux points d'un domaine borné ouvert Ω, de frontière C pourvue d'un champ de normales höldérien, M un point courant de C, et l une direction continûment variable issue de M, nous poserons $\partial u/\partial l = u'_l$. Soit l'équation

$$F_P u \equiv \Delta u + a\frac{\partial u}{\partial x} + b\frac{\partial u}{\partial y} + cu + \int_\Omega H_P^\Pi u_\Pi \, d\omega_\Pi + \int_C K_P^M u_M \, ds_M = f,$$

où Δ est un laplacien généralisé, a, b, c, f des fonctions de P continues dans Ω et valant $O(d^{\beta-1})$, d et δ étant les plus courtes distances de P et Π à C; H_P^Π est une forme linéaire en u, u'_ξ, u'_η, à coefficients fonctions de P et Π, continus dans Ω sauf pour $P\Pi = 0$, et valant $O(d^{\beta-1}\delta^{-\beta'}r^{\mu'-2})$ avec $\beta > 0$, $\beta' < 1$, $\mu' > \beta'$ et $r = P\Pi$; enfin K_P^M est une forme analogue à H (M remplaçant Π), à coefficients continus pour P dans Ω et M sur C, et valant $O(d^{\beta-1})$.

L étant une fonction donnée de M, nous cherchons u_P, *solution de* $Fu = f$ *dans* Ω *et telle que* $u'_l = L$ *sur* C. Pour une équation aux dérivées partielles ou, plus généralement, si $K_P^M u$ se réduit au terme en u, *la continuité de* L *suffit*; autrement, L doit être dérivable. Soient alors M_0 et P_0 deux points fixes de C et Ω, M_0t_0 et Mt les tangentes positives en M_0 et M, θ et Θ_1 les angles (M_0t_0, MP) et $(P_0P_1, \Pi P_1)$: nous prendrons la détermination de θ qui, lorsque $MP \to 0$ suivant Mt, tend vers (M_0t_0, Mt), ce dernier angle partant de 0 quand M part de M_0 suivant M_0t_0. Nous poserons

$$U_P^M = \mu \mathcal{L} r + \mathcal{L} r_1 - \nu\theta, \qquad V_P^M = \mathcal{L} r + \mu_1 \mathcal{L} r_1 + \nu_1 \Theta_1,$$

r et r_1 étant les distances de M ou Π à P et à P_1, image de P [5]; μ, ν, μ_1, ν_1 sont des fonctions de P dont les dérivées suivant la direction l s'annulent *sur* C, *avec* $\mu = \mu_1 = \cos 2\psi$ *et* $\nu = \nu_1 = \sin 2\psi$, ψ étant l'angle lMn, fonction

---

(4) *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1243; 185, 1927, p. 1565; *Journ. de Math.*, 9, 1930, p. 75.

(5) Voir notre Mémoire des *Annales Éc. Norm. sup.*, 52, 1935, p. 84.

uniforme de s (Mn normale intérieure) : ces fonctions seront formées par les méthodes du n° 6 du Mémoire cité ci-dessus.

Nous mettrons alors la solution cherchée sous la forme

$$(1) \qquad u_P = \int_\Omega V_P^\Pi \varphi_\Pi \, d\omega_\Pi + \int_C U_P^M w_M \, ds_M.$$

Sur C, u'_l prend la valeur

$$-\nu_1 \tau'_l \int_\Omega \varphi \, d\omega + 2\pi w \cos\psi, \qquad \text{avec} \quad \tau = (Ox, P_0 P_1);$$

égalant cela à L, on a w, et portant ensuite u dans $Fu = f$, on trouve une *équation de Fredholm* où l'inconnue est φ, dont le noyau vaut $O(d^{\beta-1} r^{\mu-2})$, avec $\mu > \beta$, et le second membre $O(d^{\beta-1})$: elle se discute par des procédés analogues à ceux des n°s 13 et 14 de notre Mémoire. On suppose ici $\cos\psi \neq 0$; si $\cos\psi$ s'annule en des points O_i, on pose $v = u + u_1$, v étant la nouvelle inconnue et u_1 choisi de façon que $w \cos\psi$ s'annule en O_i (6).

La méthode s'étend au cas où la frontière se compose de C et d'autres courbes intérieures à C : dans les intégrales correspondantes, il faut alors remplacer θ par $\theta_1 = (M_0 t_0, MP_1)$. Enfin on peut envisager *le système de n équations intégrodifférentielles* (avec $i, k = 1, \ldots, n$)

$$\Delta u_k + \Sigma_i \left(a_i^k \frac{\partial u_i}{\partial x} + b_i^k \frac{\partial u_i}{\partial y} + c_i^k u_i \right) + \int_\Omega \Sigma_i (H_i^k)_P^\Pi [u_i \, d\omega]_\Pi + \int_C \Sigma_i (K_i^k)_P^M [u_i \, ds]_M = f^k,$$

$\partial u_k / \partial l_k$ étant donnée sur la frontière : u_k s'écrit sous une forme analogue à (1), et l'on obtient un système d'équations de Fredholm *se ramenant à une seule* par le procédé du n° 9 du Mémoire cité.

Si l'on donne sur la frontière une relation linéaire entre u et u'_l, le problème se ramène au précédent par le même artifice que le problème comportant la dérivée normale.

Notre méthode n'exige que le calcul *d'une seule résolvante*, mais elle suppose $\psi(s)$ pourvue d'une dérivée höldérienne. La seconde méthode nous affranchira de cette hypothèse, mais exigera le calcul d'un noyau résolvant dans Ω et la résolution d'une équation de Fredholm relative à la frontière.

---

(6) Notons que la forme H peut aussi contenir les dérivées secondes de u si leurs coefficients admettent en Π des dérivées valant $O(d^{\beta-1} \delta^{-\beta'} r^{\mu'-2})$. Cf. notre Note des *Comptes rendus*, 179, 1924, p. 663.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur les conditions d'existence d'une dérivée angulaire dans la représentation conforme.* Note de M[lle] **Jacqueline Ferrand**, présentée par M. Paul Montel.

Nous utiliserons les notations définies dans une précédente Note (¹). Pour qu'un domaine Δ soit valable, il suffit qu'il contienne un domaine valable Δ_1 et soit contenu dans un domaine valable Δ_2 (²).

I. Comme domaine Δ_1, nous prendrons le domaine, symétrique par rapport à l'axe réel, contenu dans le demi-plan droit $\xi > 0$, ainsi formé : $\rho_1, \rho_2, \ldots, \rho_\nu, \ldots$ étant une suite croissante de nombres positifs tendant vers l'infini avec l'entier ν, on désigne par λ_ν le maximum de $(\pi/2) - |\operatorname{Arg}\zeta|$ sur la frontière de Δ pour $\rho_\nu < |\zeta| < \rho_{\nu+1}$ si ce maximum est positif et, s'il est négatif, on pose $\lambda_\nu = 0$. Δ_1 sera la réunion des secteurs $|\operatorname{Arg}\zeta| < (\pi/2) - \lambda_\nu$, $\rho_\nu \leq |\zeta| \leq \rho_{\nu+1}$. Sa frontière est formée de segments de droites passant par O et d'arcs de cercles de centre O.

Soit $\zeta = \varphi_1(z_1)$ la fonction réalisant la représentation conforme de Δ_1 sur le demi-plan D_1 ($x_1 > 0$) de la variable $z_1 = x_1 + iy_1$, avec correspondance des points à l'infini et des axes réels dans les deux domaines. Posons

$$r_1 = |z_1|, \qquad \rho = |\zeta|, \qquad \lambda(r_1) = \frac{\pi}{2} - \operatorname{Arg}\varphi_1(ir_1) = \frac{\pi}{2} + \operatorname{Arg}\varphi_1(-ir_1).$$

L'intégrale de Poisson (³), transformée pour le cas du demi-plan D_1, permet de montrer que la condition nécessaire et suffisante pour que le domaine Δ_1 soit valable est la convergence de l'intégrale $\int_1^\infty \lambda(r_1)\frac{dr_1}{r_1}$.

Sur chaque côté de la ligne brisée qui forme la frontière de Δ_1, nous connaissons une borne supérieure de $(\pi/2) - |\operatorname{Arg}\zeta|$, soit λ_ν. D'autre part, la méthode de la mesure harmonique permet de limiter la mesure logarithmique des intervalles leur correspondant sur la frontière de D_1 par un nombre de la forme $k[\lambda_\nu + \log(\rho_{\nu+1}/\rho_\nu)]$, k étant une constante inférieure à 6.

Pour que le domaine Δ_1 soit valable, il suffit que convergent les séries

$$\sum_{\nu=1}^{\infty} \lambda_\nu^2 \quad \text{et} \quad \sum_{\nu=1}^{\infty} \lambda_\nu \log\frac{\rho_{\nu+1}}{\rho_\nu}.$$

(¹) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 977.

(²) Voir B. Grootenboer, *Bull. Soc. math. France*, **61**, 1933, pp. 128-140.

(³) Fatou, *Acta Mathematica*, **30**, 1906, p. 360.

Alors, dans la représentation conforme de Δ sur le demi-plan droit ($x > 0$) de la variable $z = x + iy$, le rapport $|z|/|\zeta|$ est borné supérieurement.

Remarque. — Au lieu de l'intégrale de Poisson, on peut utiliser la méthode employée par M. Ahlfors (¹) dans la démonstration de la deuxième inégalité fondamentale, combinée avec la mesure harmonique.

Exemple (considéré par M. Ahlfors). — Soit Δ_1 le domaine formé par le demi-plan $\xi > 0$ dont on a supprimé les arcs de cercle

$$|\zeta| = \rho_\nu, \qquad |\operatorname{Arg}\zeta| > \frac{\pi}{2} - \lambda_\nu.$$

La condition nécessaire trouvée par M. Ahlfors, à savoir convergence de la série $\sum_{\nu=1}^{\infty} \lambda_\nu^2$, est suffisante.

II. Comme domaine Δ_2, nous prendrons la réunion de Δ et du demi-plan droit $\xi > 0$. Supposons qu'on puisse trouver sur la frontière de Δ deux suites de points : α_n, α'_p, tels que $R_n = |\alpha_n|$ et $R'_p = |\alpha'_p|$ tendent en croissant vers l'infini et que, en posant

$$\delta_n = \log\frac{R_{n+1}}{R_n}, \qquad \delta'_p = \log\frac{R'_{p+1}}{R'_p},$$

$$\theta_n = \begin{cases} \operatorname{Arg}\alpha_n - \dfrac{\pi}{2} & \text{si } \operatorname{Arg}\alpha_n > \dfrac{\pi}{2}, \\ 0 & \text{si } \operatorname{Arg}\alpha_n < \dfrac{\pi}{2}, \end{cases} \qquad \theta'_p = \begin{cases} -\operatorname{Arg}\alpha'_p - \dfrac{\pi}{2} & \text{si } \operatorname{Arg}\alpha'_p < -\dfrac{\pi}{2}, \\ 0 & \text{si } \operatorname{Arg}\alpha'_p > -\dfrac{\pi}{2}, \end{cases}$$

les séries suivantes convergent

$$\sum_{n=1}^{\infty} \delta_n\theta_n, \quad \sum_{n=1}^{\infty} \delta_n^2, \quad \sum_{n=1}^{\infty} |\delta_n - \delta_{n+1}|, \qquad \sum_{p=1}^{\infty} \delta'_p\theta'_p, \quad \sum_{p=1}^{\infty} \delta'^2_p, \quad \sum_{p=1}^{\infty} |\delta'_p - \delta'_{p+1}|.$$

Alors le domaine Δ_2 est valable, et, dans la représentation conforme de Δ sur D, le rapport $|z|/|\zeta|$ est borné inférieurement.

On peut trouver sur la frontière de Δ_2 des points α_n, α'_p jouissant des mêmes propriétés, et respectivement extrémités des plus grands arcs (supérieurs à π) des cercles $|\zeta| = R_n$, $|\zeta| = R'_p$ contenus dans Δ_2, donc accessibles. Soient a_n, a'_p leurs images dans la représentation conforme de Δ_2 sur le demi-plan droit D_2 de la variable $z_2 = x_2 + iy_2$. On reprend pour Δ_2 la démonstration de la première inégalité d'Ahlfors, et, en supprimant dans les coupures Θ_2 certaines portions extrêmes, on remplace la fonction $\Theta(\rho)$ par une fonction $\overline{\Theta}(\rho)$ qui rend convergente l'intégrale $\int_1^{\infty} \frac{\overline{\Theta} - \pi}{\overline{\Theta}} \frac{d\rho}{\rho}$.

(¹) *Acta Soc. Sc. Fennicæ*, Nova series, A, 1, 1930, n° 9.

Il s'introduit alors au premier membre un terme complémentaire que la méthode de la mesure harmonique permet de borner par la série

$$\sum_{1}^{\infty}(d_n\delta_n + d'_p\delta'_p)$$

en posant

$$r_n = |a_n|, \qquad d_n = \log\frac{r_{n+1}}{r_n}, \qquad r'_p = |a'_p|, \qquad d'_p = \log\frac{r'_{p+1}}{r'_p}.$$

Il serait difficile de borner d_n et d'_p, mais on sait que, Δ_2 contenant un demi-plan, $\log(r_n/\rho_n)$ et $\log(r'_p/\rho_p)$ sont bornés, ce qui permet de comparer cette série à

$$\sum_{1}^{\infty}(\delta_n^2 + \delta_p'^2) \quad \text{si les séries} \quad \sum_{1}^{\infty}|\delta_n - \delta_{n+1}| \quad \text{et} \quad \sum_{1}^{\infty}|\delta'_p - \delta'_{p+1}| \quad \text{convergent.}$$

Théorème. — *Si un domaine Δ satisfait aux conditions I et II, il est valable.*

Exemple. — Soient A et B les domaines formés en ôtant du plan

$$\zeta = \xi + i\eta,$$

pour A, les demi-droites $\xi < 0$, $\eta = \pm R_n$,

pour B, les demi-cercles $\xi < 0$, $|\zeta| = R_n$ et l'axe réel négatif $\xi < 0$, $\eta = 0$.

Si, en posant $\delta_n = \log\frac{R_{n+1}}{R_n}$, les séries $\sum_{1}^{\infty}\delta_n^2$ et $\sum_{1}^{\infty}|\delta_{n+1} - \delta_n|$ convergent, les deux domaines sont valables.

Pour le domaine A, la condition suffisante résultant des inégalités d'Ahlfors serait la convergence de la série $\sum_{1}^{\infty}\delta_n^{3/2}$.

Pour le domaine B, quelle que soit la façon dont sont choisis les R_n, l'intégrale $\int_1^{\rho}\frac{\Theta - \pi}{\Theta}\frac{d\rho}{\rho}$ diverge, puisque $\Theta(\rho) \doteq 2\pi$, sauf

$$\Theta(R_1) = \ldots = \Theta(R_n) = \ldots = \pi.$$

Ceci n'est pas en contradiction avec la condition nécessaire établie par M. Ahlfors pour un domaine symétrique, car la fonction $\Theta^2(\rho)$ n'est pas à variation totale bornée.

Remarques. — Les conditions I sont moins restrictives que celles de M. Grootenboer ([2]), à savoir convergence des séries $\sum\lambda_\nu\log\frac{\rho_{\nu+1}}{\rho_\nu}$ et $\sum\lambda_\nu$.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur l'influence de l'allongement dans les écoulements plans limités par deux plans parallèles, et sur la constitution des couches limites de ces plans.* Note (¹) de M. **Marcel Sédille**, présentée par M. Henri Villat.

L'étude des couches limites des obstacles cylindriques disposés dans un écoulement plan est particulièrement au point, et l'on sait retrouver à peu près exactement les décollements qui se produisent dans les parties à ralentissement de vitesse des couches laminaires. Il en est de même à peu près des couches limites des obstacles de révolution. On connaît, par contre, peu de choses sur la constitution des couches limites plus complètes, telles que celles qui se forment sur les plans qui limitent, en pratique, les écoulements à deux dimensions. Leur importance est cependant si grande qu'ils conditionnent souvent la majeure partie des pertes d'un tel écoulement.

Leur constitution est particulièrement influencée par le régime des pressions imposé par les obstacles cylindriques disposés dans l'écoulement en question. Considérons un tel obstacle constitué, par exemple, par une série d'ailes disposées de manière à former une grille. Par suite de la détente qui correspond à la disposition représentée en exemple sur la figure 1, la pression aval p_1 est inférieure à la pression p_0. Du fait de la courbure, la pression sur l'extrados des profils est inférieure à p_1, de sorte qu'en b il règne une pression inférieure à celle en a. Dans toute la partie saine du fluide, c'est-à-dire celle qui est suffisamment éloignée des plans, parallèles au plan de figure, qui limitent l'écoulement, cette dépression en b équilibre la force centrifuge due à la courbure des filets. Les filets situés dans la couche limite des plans latéraux ont une vitesse ralentie par le frottement, et la dépression n'est plus équilibrée par leur force centrifuge. Ils sont donc attirés par cette dépression, et il se produit un dérapage des filets qui convergent vers les points de dépression maximum. Ce dérapage est d'autant plus important que la vitesse est plus ralentie, c'est-à-dire que l'on est plus près des parois latérales. Au fur et à mesure que l'on se rapproche donc de ces dernières, le vecteur vitesse diminue en grandeur et tourne progressivement en direction dans le sens des dépressions jusqu'à être normal aux isobares de l'écoulement sain qui sont au

(¹) Séance du 3 novembre 1941.

contact des parois planes. L'écoulement dans la couche limite peut d'ailleurs être mis en évidence par des essais à la peinture.

Dans les angles formés par les raccordements entre les obstacles cylindriques et les parois limites de l'écoulement, il se produit une accumulation de fluide ralenti vers les points de dépression maximum, ce qui donne généralement naissance à un décollement, même dans le cas d'écoulements accélérés, comme c'est le cas représenté figure 1. Ces

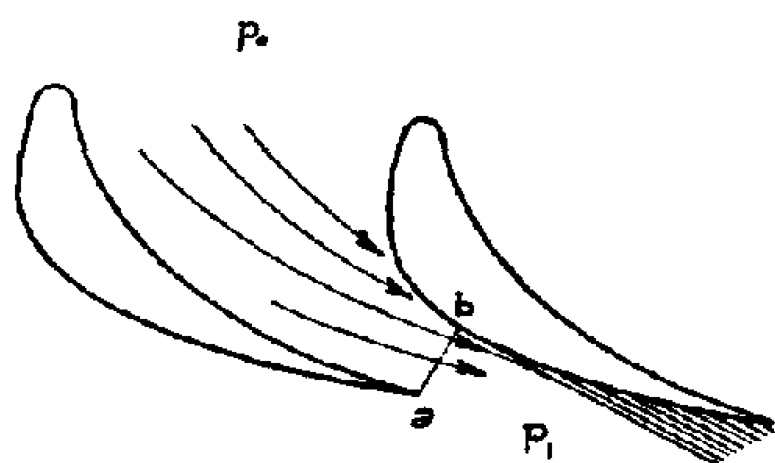


Fig. 1.

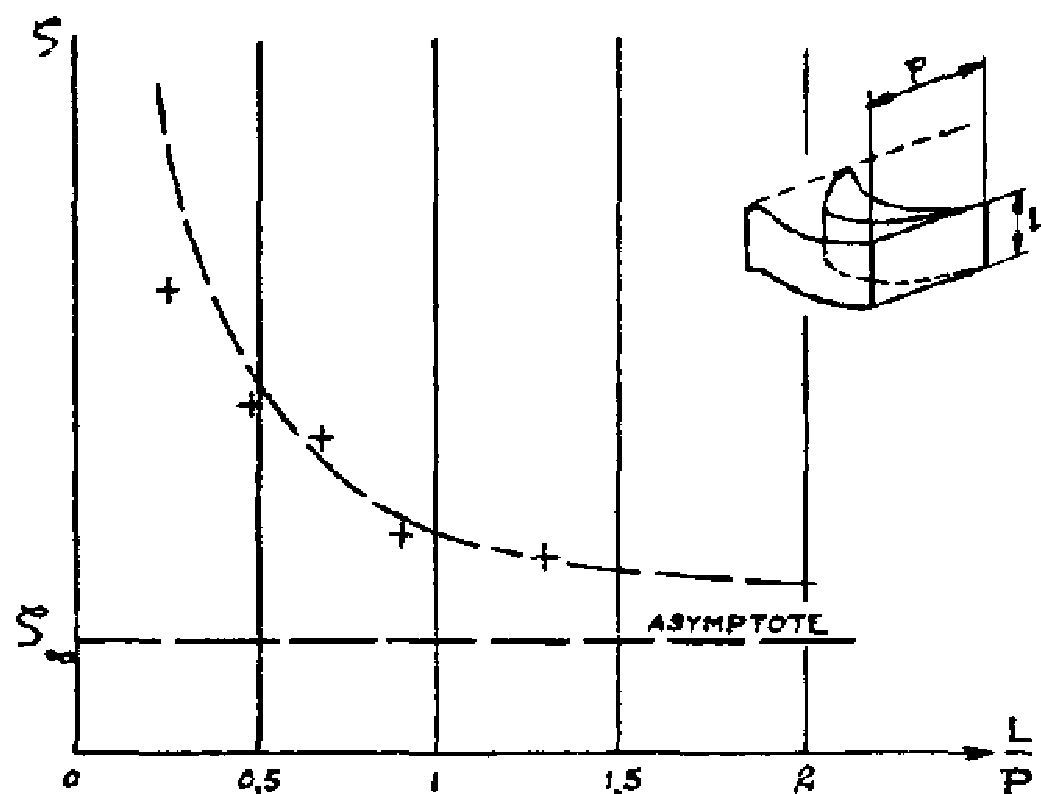


Fig. 2.

décollements sont souvent le siège des pertes principales des écoulements correspondants. Ils expliquent en particulier les phénomènes qui se produisent au raccordement des ailes et des fuselages d'avion. Ils peuvent être atténués et même disparaître par l'emploi d'arrondis de raccordement suffisants. Dans ce dernier cas, le dérapage des couches limites qui persiste, amorce les mouvements secondaires bien connus dans les canaux courbes.

Les écoulements cylindriques limités par des plans sont le siège de pertes qui, par suite des décollements produits par les dérapages, sont, par rapport aux pertes d'un écoulement cylindrique illimité, supérieures de beaucoup à l'augmentation que produirait le seul frottement sur les plans limites. Les pertes de charge d'une grille telle que celle de la figure 1, sont alors fonctions de son allongement, c'est-à-dire de la proportion de surfaces inactives et de surfaces frottantes actives, les premières ayant une influence prépondérante. On peut prendre comme mesure de l'allongement le rapport de l'épaisseur de l'écoulement à une dimension caractéristique des profils par exemple. On trouve ainsi, quoique pour une autre raison, une dépendance de l'allongement analogue à celle que l'on constate pour les ailes d'avion et qui est due dans ce dernier cas aux tourbillons marginaux

bien connus. Il se trouve même que, dès que l'allongement est faible, la variable allongement est en pratique la variable principale.

Comme pour les ailes d'avions, la loi de variation des pertes en fonction de l'allongement est relativement simple dès que l'allongement est suffisant. En pratique, cette loi, qui est reproduite pour un cas particulier sur la figure 2, correspond assez bien avec l'hypothèse de décollements de dérapage de forme et de dimensions invariables ne dépendant que des dimensions des profils et non de l'épaisseur de l'écoulement. En appelant ζ_∞ la perte de charge de l'écoulement à deux dimensions d'épaisseur illimitée, et x l'allongement, la perte de charge d'un écoulement limite est de la forme

$$\zeta = \zeta_\infty + \frac{a}{x},$$

a étant une constante

Naturellement, pour des allongements tels que l'épaisseur des décollements de dérapage soit de l'ordre de la demi-épaisseur de l'écoulement, cette loi n'est plus vérifiée.

ASTRONOMIE PHYSIQUE. — *Les sauts quantiques des étoiles.* Note [1] de M. ÉMILE SEVIN, présentée par M. Ernest Esclangon.

Soient M la masse d'une étoile, $\mathcal{R}$ son rayon, G la constante de gravitation, c la vitesse de la lumière, n un nombre sans dimensions, et exprimons, par les formules suivantes, la valeur absolue du potentiel de gravitation en surface $GM/\mathcal{R}$ et l'effet Einstein $\mathcal{V}$:

$$\frac{GM}{\mathcal{R}} = \frac{2c^2}{(137n)^2}, \tag{1}$$

$$\frac{GM}{\mathcal{R}} = \frac{2c^2}{(1849,5n)^2}, \tag{2}$$

$$\mathcal{V} = \frac{GM}{c\mathcal{R}} = \frac{2c}{(137n)^2}, \tag{3}$$

$$\mathcal{V} = \frac{GM}{c\mathcal{R}} = \frac{2c}{(1849,5n)^2}. \tag{4}$$

Si, dans les formules (2) et (4), on pose $n = 1$, on définit les Céphéides

[1] Séance du 3 novembre 1941.

à leur naissance ([2]). Par extension, si nous parvenons à montrer que n peut prendre toute une série de valeurs discrètes, nous nous trouverons avoir englobé l'ensemble des possibilités, touchant les étoiles vibrantes ou susceptibles de vibrer, et nous pourrons dire que les formules (1) et (3) caractérisent les vibrantes d'une série condensée, tandis que les formules (2) et (4) concernent les vibrantes d'une série diffuse.

Parmi les étoiles de l'époque présecondaire, on connaît les grandeurs des effets Einstein de huit objets : sept de ces grandeurs ont été déterminées par M. Trumpler et sont relatives à des résidus de supernovæ ([3]), alors que la huitième a été calculée par nous-même, à l'occasion de l'étude de o_2 Eridani B, résidu de nova ([4]). Voici ces grandeurs, évaluées en kilomètres par seconde :

5,4 7,9 8,5 9,9 9,4 moyenne 8,9,
14,6 15,2 14,3 moyenne 14,7

et l'on voit qu'elles forment trois groupes bien distincts.

Maintenant, remplaçons successivement, dans la formule (3), n par 2,5 2 et 1,5. Il vient

$$\frac{2\times 3\times 10^5}{(137)^2(2,5)^2}=5,11 \qquad \frac{2\times 3\times 10^5}{(137)^2 2^2}=7,99 \qquad \frac{2\times 3\times 10^5}{(137)^2(1,5)^2}=14,2$$

et l'on en déduit immédiatement que les huit étoiles en cause sont réparties entre les échelons 2,5 2 et 1,5 de la série condensée, l'intervention de nombres quantiques demi-entiers, aussi bien qu'entiers, se trouvant en même temps mise en évidence.

Mais on connaît d'autres produits de cataclysmes récents : ce sont les binaires spectroscopiques, et, lorsqu'elles sont à éclipses et que les circonstances sont favorables, on peut évaluer directement les masses et les rayons des étoiles qui les constituent.

Cela a été fait pour 36 systèmes, parmi lesquels M[me] et M. Payne-Gaposchkin signalent, comme des déterminations de premier ordre, les éléments de Y Cygni, HD 163.181 et AR Aurigæ ([5]). Or, si l'on porte ces

---

([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, pp. 638-639.

([3]) *The Astrophysical Journal*, 88, 1938, p. 506.

([4]) *Physique stellaire, Essai de synthèse*, Paris, 1939, p. 57.

([5]) *Variable Stars*, Cambridge, Massachusetts, 1938, pp. 84 et 86; *The Astrophysical Journal*, 89, 1939, pp. 125 et 322.

éléments dans la formule (3), on trouve respectivement, pour les valeurs de n correspondant aux six composantes :

$$3{,}538 \quad 3{,}558 \quad 3{,}987 \quad 3{,}950 \quad 5{,}995 \quad 6{,}462\,;$$

ce qui montre que ces composantes sont aux échelons 3,5 3,5 4 4 6 et 6,5 de la série condensée : la valeur absolue de l'écart moyen n'est que de 0,03.

Il apparaît donc nettement que les supernovæ et les novæ constituent des sauts quantiques d'étoiles vibrantes ou pseudovibrantes.

Y Cygni et HD 163.181 appartiennent à la classe O, et, les résultats ci-dessus étant acquis, on peut par exemple rechercher les échelons des étoiles des autres systèmes de la classe O, AO Cassiopeiæ et UW Canis Majoris, ainsi que de VV Cephei et de ζ Aurigæ, qui sont particulièrement intéressants. Les huit étoiles formant ces systèmes se répartissent entre les échelons 4 et 2 de la série diffuse, 6 5,5 5 et 4,5 de la série condensée.

Mais la scission d'une étoile s'opère dans des conditions très remarquables : *la distribution de la masse initiale, entre les deux composantes, se fait de telle façon que les infrasons* (6), *rendus par ces composantes, forment un intervalle musical exact; par ailleurs il s'établit des rapports quantiques entre la durée de révolution $\mathfrak{T}$ des orbites et les périodes θ des infrasons. Ainsi le système binaire, qui vient de naître, se trouve quantifié par l'intermédiaire des infrasons.*

		$\mathfrak{T}$.	θ_A.
Pour Y Cygni...........	$\dfrac{\theta_A}{\theta_B} = 1,$	$2^5\ \dfrac{3}{2}$	$2^5\ \dfrac{3}{2}\ \theta_B\,;$
HD 163.181........	$\dfrac{\theta_A}{\theta_B} = \dfrac{9}{8},$	$2^2\left(\dfrac{3}{2}\right)^5$	$2\left(\dfrac{3}{2}\right)^5\theta_B\,;$
ζ Aurigæ..........	$\left(\dfrac{2}{27}\right)^2\dfrac{\theta_A}{\theta_B} = \dfrac{3}{2},$	$2^2\left(\dfrac{3}{2}\right)^2$	$2^6\left(\dfrac{3}{2}\right)^9\theta_B\,;$
AO Cassiopeiæ.....	$\dfrac{\theta_A}{\theta_B} = 2,$	$7\ \dfrac{1}{2^2}$	$7\ \dfrac{1}{2}\ \theta_B\,;$
UW C. Majoris....	$\dfrac{\theta_A}{\theta_B} = \dfrac{32}{27},$	$7\ \dfrac{1}{2}$	$7\times 2\left(\dfrac{2}{3}\right)^5\theta_B\,;$
VV Cephei........	$\dfrac{\theta_A}{(27)^2\theta_B} = \dfrac{81}{64},$	$7\ \dfrac{1}{2}$	$7\times 2^5\left(\dfrac{3}{2}\right)^{10}\theta_B.$

Après quoi on peut vérifier, en utilisant les périodes de révolution fournies par l'observation et qui sont connues avec une grande précision, que les six systèmes sont accordés entre eux, avec le Soleil et avec la période de

(6) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 333.

rotation de la Terre sur elle-même, période qui détermine le spin de notre planète. Les écarts ne dépassent pas quelques *millièmes*.

Enfin, on constate que tous les intervalles entre infrasons se trouvent être des intervalles du diatonique musical grec, qui procédait uniquement d'octaves et de quintes.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Compléments à notre Note sur l'intégration de l'équation de M. de Donder* (1). Note (2) de M. **Georges Biben**, présentée par M. Louis de Broglie.

I. Dans la Note citée, nous avons étudié la mise en équation du problème. Dans le cas d'un ds^2 extérieur de Schwarzschild, nous avons obtenu l'équation différentielle

$$\left(1-\frac{a}{r}\right)\frac{d^2\varphi}{dr^2}+\left(2-\frac{a}{r}\right)\frac{1}{r}\frac{d\varphi}{dr}+k^2\varphi=0,$$

que nous avons intégrée par la méthode de M. Hadamard.

En étudiant à nouveau ce problème, nous nous sommes aperçu qu'il se présentait un cas particulier remarquable lorsque $a=1$ et $k=0$. Nous avons, en remplaçant φ par u, l'équation

$$(1)\qquad \left(1-\frac{1}{r}\right)\frac{d^2u}{dr^2}+\left(2-\frac{1}{r}\right)\frac{1}{r}\frac{du}{dr}=0.$$

En posant

$$(2)\qquad ru=v,$$

on obtient

$$(3)\qquad \left(1-\frac{1}{r}\right)\frac{d^2v}{dr^2}+\frac{1}{r^2}\frac{dv}{dr}-\frac{v}{r^3}=0,$$

que l'on peut écrire sous la forme

$$\left(1-\frac{1}{r}\right)\frac{d^2v}{d\log\left(\frac{1}{r}\right)^2}+\left(1-\frac{2}{r}\right)\frac{dv}{d\log\frac{1}{r}}-\frac{v}{r}=0,$$

(1) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 726.

(2) Séance du 27 octobre 1941.

en posant $1/r = x$, l'on obtient l'équation

$$(1-x)\frac{d^2 v}{d\log x^2} - (2x-1)\frac{dv}{d\log x} - xv = 0,$$

que l'on intègre à l'aide de la fonction $P\begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & \\ -1 & 1 & 0 & x \end{pmatrix}$ de Riemann (³).

Si l'on pose $v = \Sigma a_n x^n = \Sigma a_n e^{n\log x}$, l'algorithme de Riemann donne

$$\frac{a_{n+1}}{a_n} = \frac{n+1}{n+2} \qquad \text{et} \qquad v = \int_0^1 \frac{d\sigma}{1 - x\sigma},$$

d'où

$$u = \frac{1}{r}\int_0^1 \frac{d\sigma}{1-\frac{\sigma}{r}} = -C\log\left(1 - \frac{1}{r}\right) + D.$$

Par analogie avec les potentiels de Newton, le potentiel u doit être nul pour r infini, donc $D = 0$ et $u(r)$ est infini pour $r = 1$.

II. Reprenons l'équation $\Box_3\varphi + k^2\varphi = 0$ que nous écrirons $\Box_2 u + k^2 u = 0$; c'est-à-dire

$$(4) \qquad g^{\alpha\beta}\frac{\partial^2 u}{\partial x^\alpha\,\partial x^\beta} + \frac{1}{\sqrt{-g}}\,\frac{\partial(\sqrt{-g}\,g^{\alpha\beta})}{\partial x^\alpha}\,\frac{\partial u}{\partial x^\beta} + k^2 u = 0 \qquad (\alpha, \beta = 1, 2, 3).$$

Le ds^2 est un ds^2 extérieur, c'est-à-dire que $R_{\alpha\beta} = 0$, dans ce cas $R = \Sigma g^{\alpha\beta} R_{\alpha\beta} = 0$.

Soit $ds^2 = g_{\alpha\beta}\,dx^\alpha dx^\beta$ $(\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4)$ le ds^2 extérieur; définissons les coordonnées normales de Riemann $\xi^\alpha = s(dx^\alpha/ds)_0$, et soit ds_0^2 l'élément linéaire de la métrique euclidienne normale. Dans ce cas, on peut écrire

$$ds^2 = ds_0^2\left(1 - \frac{1}{3}Kh^2\right) \qquad \text{(K désignant la courbure riemannienne ou la planarité).}$$

Un théorème célèbre de Schur nous apprend que si les $[n(n+1)/2]$ relations $R_{\alpha\beta} = 0$ sont vérifiées, les espaces considérés sont à courbure nulle, mais seulement dans les directions à $n = 1$ dimensions. C'est pour cette raison que Riemann appelait K la planarité, car Riemann savait qu'il suffisait que K soit égale à zéro pour que le ds^2 soit réductible à une somme de carrés, c'est-à-dire soit une variété plane. Dans ces conditions

$$ds^2 = ds_0^2 = \Sigma(d\xi^\alpha)^2.$$

(³) RIEMANN, *Œuvres mathématiques de Riemann,* traduites par L. Laugel, p. 61.

Par conséquent, en posant

$$\Gamma = \rho^2 = \Sigma(\xi^\alpha)^2,$$

l'équation $\square_2 u + k^2 u$ s'écrira en considérant u fonction de ρ seulement

$$\frac{d^2 u}{d\rho^2} + \frac{2}{\rho}\frac{du}{d\rho} + k^2 u = 0,$$

ce qui donne

$$u_1 = \frac{e^{ik\rho}}{\rho} = \frac{e^{ik\sqrt{\Gamma}}}{\sqrt{\Gamma}}, \qquad u_2 = \frac{e^{-ik\rho}}{\rho} = \frac{e^{-ik\sqrt{\Gamma}}}{\sqrt{\Gamma}}.$$

ACOUSTIQUE. — *Sur le son d'axe des corps tournant à grande vitesse. Une nouvelle source sonore étalon.* Note de M. **Eugène Huguenard**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Quand un corps tourne autour d'un axe matériel guidé par des paliers et que sa vitesse dépasse quelques dizaines de tours par seconde, il rend un *son d'axe* dont la hauteur et l'intensité augmentent avec cette vitesse. Depuis que L. Foucault a signalé cette propriété du miroir tournant qu'il construisit pour mesurer la vitesse de la lumière, ce son est attribué aux chocs de l'axe sur les coussinets de ses paliers : on sait qu'un équilibrage particulièrement soigné du miroir tournant peut réduire ce son sans le supprimer.

Or ce son existe même quand il n'y a ni paliers, ni axe matériel guidant le rotor : c'est le cas des machines, décrites dans une Note antérieure, où le rotor est mû et supporté entièrement par l'air comprimé ([1]).

Certaines de ces machines émettent un son particulièrement intense et pur; leur étude a montré qu'il provenait uniquement, dans ce cas, du défaut de centrage géométrique de la surface externe du rotor sur l'axe réel de rotation. Cette cause intervient également dans la production du son émis par des machines munies, comme le miroir tournant de Foucault, d'un axe et de paliers.

En effet, lorsqu'un corps, qui est de révolution ou à peu près, tourne à grande vitesse autour de son axe d'inertie et que cet axe ne coïncide pas avec l'axe de révolution de la surface externe du rotor, cette surface est animée d'un mouvement excentrique; elle agite l'air ambiant en produi-

([1]) E. Henriot et E. Huguenard, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1389.

sant un son comme tout corps vibrant : la vibration est ici circulaire au lieu d'être rectiligne comme dans la plupart des corps sonores.

Diverses sources sonores ont été réalisées sur ce principe, en munissant un rotor de révolution, mû et supporté par l'air comprimé, d'un cylindre excentrique de dimensions en rapport avec celles du rotor. Pour un rotor de 8^{cm} de diamètre, pesant 380^{g}, cet excentrique est un cylindre à base circulaire, en acier, de 7^{cm} de diamètre, de 3^{cm} de hauteur, dont l'axe de révolution, vertical, est placé parallèlement et à $0^{cm},5$ de l'axe du rotor. Le centre de gravité de l'excentrique est ramené sur l'axe du rotor par le perçage d'un trou cylindrique de dimensions convenables.

Par rapport à un observateur placé dans un plan horizontal qui rencontre l'excentrique, ce dernier apparaît comme un rectangle de 7^{cm} de largeur, 3^{cm} de hauteur, qui avance et recule à chaque tour de 1^{cm}, en oscillant latéralement de la même quantité.

L'ensemble du rotor et de l'excentrique, pesant 1450^{g}, peut tourner à 1200 t : s. Jusqu'à cette vitesse, il constitue une source sonore qui peut être, en première approximation, regardée comme équivalente à un piston de 21^{cm^2} vibrant de $0^{cm},5$ de part et d'autre de sa position moyenne à une fréquence comprise entre 0 et 1200.

La masse de ce piston, qu'il serait très difficile de faire osciller en ligne droite à une telle fréquence, ne gêne en rien le mouvement du rotor. Il y aurait également de grandes difficultés à équilibrer une telle masse autour d'un axe solide aux allures atteintes couramment avec la suspension sur l'air, car la réaction de l'atmosphère sur l'excentrique introduit une force qui ne passe pas par l'axe et qui n'est pas proportionnelle au carré de la vitesse angulaire.

La compression produite dans l'air en avant de l'excentrique s'écoule partiellement en arrière; deux écrans horizontaux encadrant le haut et le bas de l'excentrique l'empêchent de s'échapper latéralement. Quand la vitesse périphérique de l'excentrique atteint la vitesse du son, cet écoulement vers l'arrière est peu important.

Ce dispositif constitue une source sonore qui possède les caractères suivants :

1° l'intensité du son émis et sa hauteur dépendent uniquement des dimensions de la machine et de sa vitesse de rotation qui peut être facilement maintenue constante;

2° le son, avec une très grande approximation, est sinusoïdal, exempt d'harmoniques;

3° sa hauteur peut atteindre les fréquences inaudibles;

4° la puissance rayonnée dans l'air par la source peut être grande; l'excentrique de $7^{cm} \times 3^{cm}$ tournant à 1200 t : s émet un son qui peut être comparé à celui d'un sifflet à vapeur usuel et ne peut être supporté par l'oreille placée à moins de quelques mètres de la source. Cette puissance, particulièrement grande quand la vitesse périphérique du rotor dépasse celle du son, atteint quelques centaines de watts;

5° pour chaque vitesse du rotor, l'intensité du son est constante dans tous les azimuts; elle est maxima dans le plan horizontal qui passe par l'excentrique;

6° le son change de phase d'un méridien à un autre : la différence des phases est égale à l'angle des méridiens.

Il est possible de construire ainsi des sources étalons dans lesquelles l'excentrique a une section méridienne utile qui peut varier du décimètre carré au centimètre carré, et produire des sons dont la hauteur maxima varie de 500 à 15000 vibrations par seconde.

SPECTROSCOPIE. — *Influence de la température sur le spectre d'absorption de l'ozone (bandes de Huggins).* Note [1] de MM. **Daniel Barbier** et **Daniel Chalonge**, présentée par M. Ernest Esclangon.

1. Les coefficients d'absorption de l'ozone ont été mesurés à diverses températures par Wulf et Melvin [2] et par Vassy [3]. L'emploi de ces données à la détermination de la température moyenne de l'ozone atmosphérique nous a conduits à des résultats difficilement admissibles, ainsi que nous l'avons indiqué [4]; d'autres auteurs, discutant nos mesures, sont arrivés à la même conclusion [5]. Nous en avons déduit que certaines des données physiques intervenant dans les calculs pouvaient être erronées : ces données se réduisant aux valeurs numériques des coefficients d'absorption de l'ozone aux diverses températures, nous avons refait au

(1) Séance du 3 novembre 1941.

(2) *Phys. Rev.*, 38, 1931, p. 330.

(3) *Annales de Physique*, 8, 1937, p. 679.

(4) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1238.

(5) A. et E. Vassy, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1518; Penndorf, *Meteorologische Zeitschrift*, 57, 1940, p. 418.

laboratoire l'étude de ces coefficients. Dans un travail récent ([6]) nous avons publié un premier groupe de résultats concernant les coefficients d'absorption de l'ozone à température ordinaire : nos nouvelles déterminations sont, en général, en excellent accord avec celles de Ny et Choong ([7]) qui étaient usitées jusqu'ici. L'emploi des coefficients de Ny et de Choong ne pouvait donc fausser les déterminations de température de l'ozone atmosphérique.

2. Dans le travail résumé ici nous avons repris l'étude de la variation des coefficients d'absorption de l'ozone avec la température. Les déterminations résultent de la mesure de près de deux mille spectres contenus sur une centaine de clichés. Nous avons pris des précautions spéciales pour la mesure des températures et nous avons constaté, en particulier, que la température de la glace carbonique du commerce est égale à — 95°C. et non à — 80°C., comme l'admettent certains auteurs. Les déterminations relatives aux principaux maxima et minima d'absorption aux diverses températures sont représentées sur la figure ci-après ([8]). Ce graphique met en évidence, en particulier, les deux résultats suivants :

a. les coefficients des maxima d'absorption varient avec la température;

b. la variation des coefficients des minima d'absorption n'est pas fonction linéaire de la température.

Ces résultats sont en contradiction avec ceux qu'avait annoncés Vassy ([3]) pour les températures inférieures à la température ordinaire.

Le contraste des bandes d'absorption, différence des coefficients relatifs à un maximum et à un minimum consécutifs, est, très sensiblement, fonction linéaire de la température au-dessous de + 18°C. ([9]).

Nous avons vérifié, après Vassy ([3]), que les coefficients d'absorption de l'ozone étaient insensibles à l'effet de la pression dans de larges limites.

3. Malgré les différences importantes existant entre les déterminations des coefficients d'absorption publiées ici et celles antérieurement employées, les résultats numériques d'ordre géophysique que nous avons obtenus précédemment ([4]) ne sont pas modifiés beaucoup par l'introduction des

---

([6]) *Journal de Physique*, **1**, 1940, p. 217.

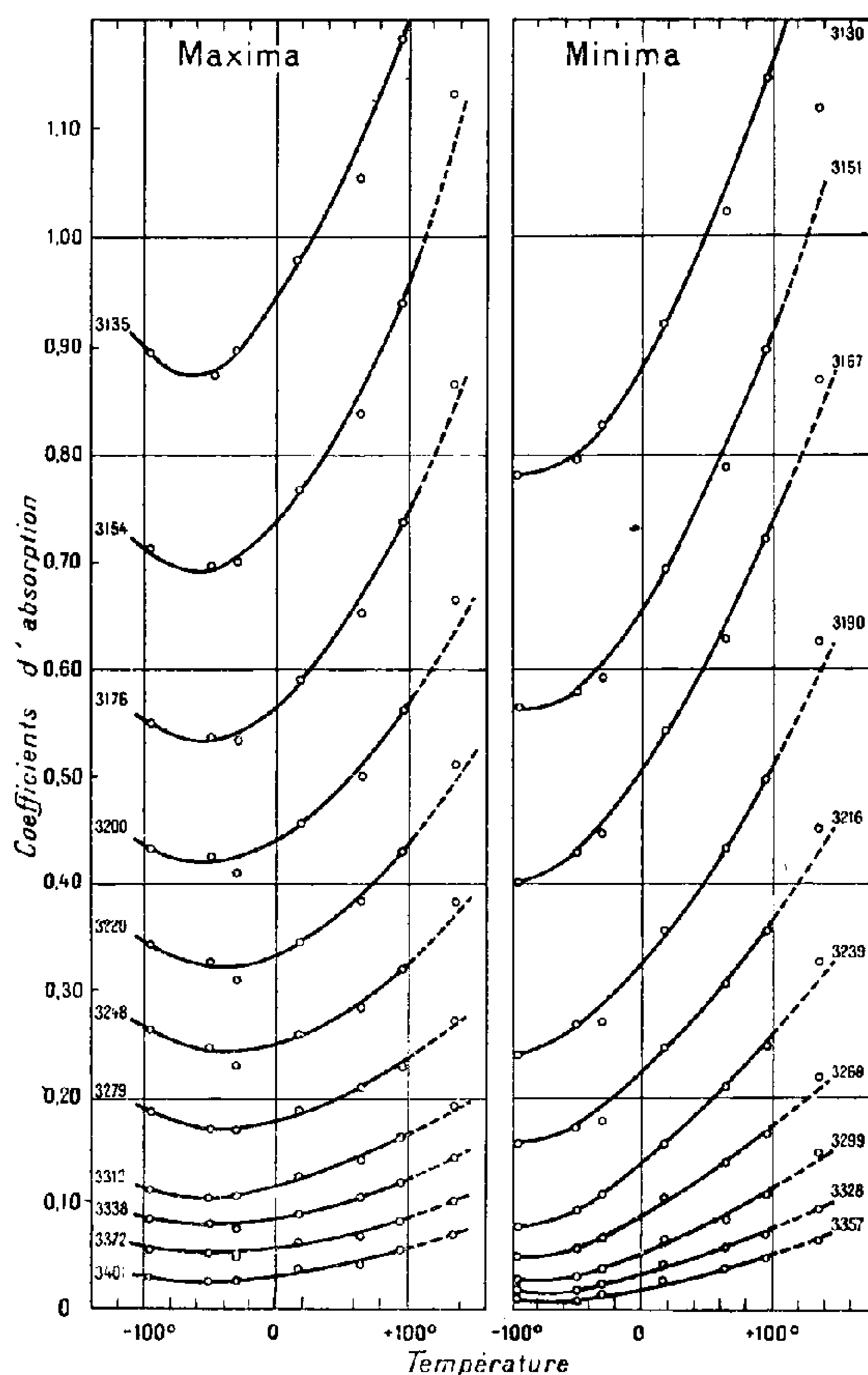
([7]) *Chinese Journal of Physics*, **1**, 1933, p. 38.

([8]) Les points relatifs à la température + 135°C. sont moins précis que les autres.

([9]) C'est un argument de plus en faveur de la méthode de calcul de la température moyenne de l'azote atmosphérique que nous avons proposée (*Journal de physique*, **10**, 1939, pp. 113 et 324).

nouvelles valeurs, par suite d'une compensation heureuse des diverses causes d'erreur. Il faudra donc chercher l'explication des valeurs anormales de la température stratosphérique déduites de nos spectres stellaires

(Les longueurs d'onde sont inscrites auprès des courbes)

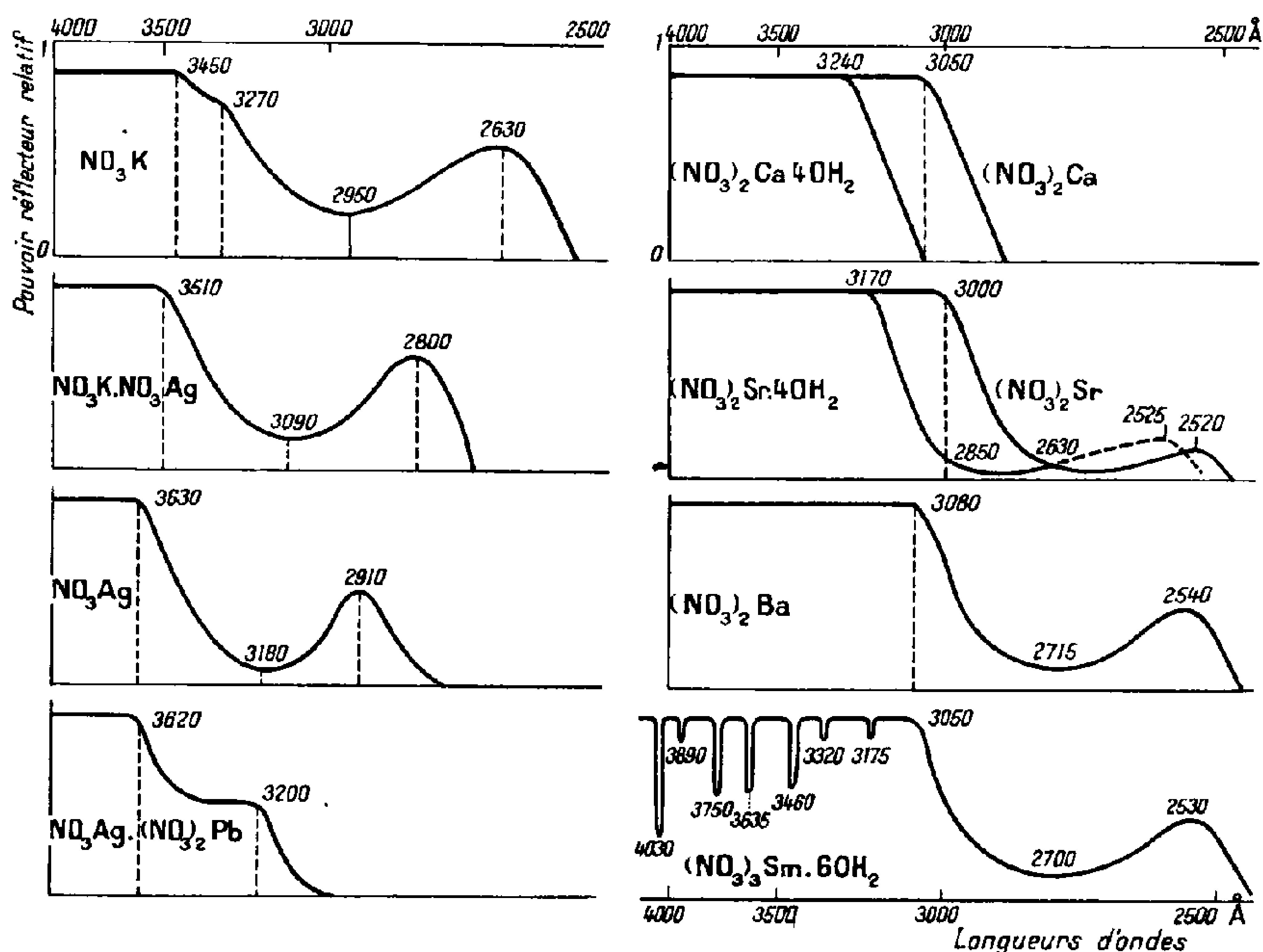


dans la qualité insuffisante de ces derniers : sur ces spectres, très peu dispersés, les raies d'absorption d'origine stellaire n'apparaissent pas assez nettement, et il peut en résulter des erreurs systématiques dans la mesure des contrastes. Il serait sans doute nécessaire, pour que les déterminations de température stratosphérique prennent une valeur quantitative, que l'on emploie un spectrographe à fente de grande dispersion.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Absorption ultraviolette de nitrates métalliques simples et de quelques nitrates doubles à l'état solide.* Note (¹) de M. **Alain Berton**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons obtenu, au moyen des spectres de réflexion de poudres, dans l'ultraviolet (4000 à 2400 Å), les bandes d'absorption de toute une série de nitrates métalliques simples et de quelques nitrates doubles à l'état solide (voir les courbes et le tableau).

Nous avons ainsi pu étudier l'influence de l'élément métallique et celle



de l'eau d'hydratation sur la bande caractéristique du groupement nitrique. Cette bande, large, analogue à celle des nitrates en solution aqueuse, présente, pour un certain nombre de sels, un maximum et un minimum d'absorption dont les positions varient, avec la nature du métal, entre 3000 et 2800 Å, 2650 et 2550 Å, respectivement.

(¹) Séance du 13 octobre 1941.

La limite, du côté des grandes longueurs d'onde, de la bande large est particulièrement nette et varie, pour la plupart des nitrates avec la nature de l'élément métallique, entre 3350 et 3000 Å. Elle caractérise, seule, la bande d'absorption du groupement nitrique pour les sels dont le spectre ne comporte pas de maximum ni de minimum.

Sels simples.	Limite de la bande.	Maximum.	Minimum.
NO^3Li	3280	2910	2580
NO^3Na	3300	2880	2580
NO^3Rb	3310	3070	2615
NO^3NH^4	3340	2970	2615
$(NO^3)^2Mg.6OH^2$	3280	2910	2575
$(NO^3)^2Zn.6OH^2$	3320		
$(NO^3)^2Cd.4OH^2$	3300		
$(NO^3)^2Pb$	3180	2660 (f)	
$(NO^3)^2Mn.6OH^2$	3380	2900	2725
$(NO^3)^2Ni.6OH^2$	3240	2840	2585
		3850 (Ni)	3330 (Ni)
$(NO^3)^2Co.6OH^2$	3320		
$(NO^3)^3La.6OH^2$	3050		
$(NO^3)^3Ce.6OH^2$	3570		
$(NO^3)^3Nd.6OH^2$	3060	2675	2530
Bandes de (Nd)	3550-3480 (max. 3525) 3625; 3260		
$(NO^3)^3Gd.6OH^2$	3050	2710	2525
Raies du (Gd)	3110 et 2520		

Sels simples.	Limite de la bande.	Maximum.	Minimum.
$(NO^3)^3Al.9OH^2$	3260	2815	2530
$(NO^3)^3Bi.5OH^2$	3340		
$(NO^3)^4Th.12OH^2$	3090		
$NO^3Ag.2NH^3$	3400	3100	2810
NO^3Tl	3430	3070	2880
		2600	
$NO^3Hg.OH^2$	3410		
$(NO^3)^2Hg.2OH^2$	3380		
$(NO^3)^2Cu.6OH^2$	3580		
$(NO^3)^3Fe.9OH^2$	3510		
Sels doubles et sels mixtes.			
NO^3K, NO^3Ag (F) (A).	3510	3090	2800
NO^3Na, NO^3Ag NO^3NH^4, NO^3Ag	Limite de NO^3Ag		
$NO^3K, (NO^3)^2Ba$ (A) (F) $NO^3Ag, (NO^3)^2Pb$ (A)	Superposition des spectres des sels simples		
$(NO^3)^3Ce.2NO^3Na.OH^2$ $(NO^3)^3Ce.2NO^3K.2OH^2$ $(NO^3)^3Ce.2NO^3NH^4.4OH^2$	Limite 3700		
$2(NO^3)^3Ce.3(NO^3)^2Mg.24OH^2$	Limite 3750		
$2NO^3)^3Ce.3(NO^3)^2Zn.24OH^2$	» 3770		

(f) faible; (F) par fusion; (A) par voie aqueuse.

Il est à remarquer que cette limite, ainsi que les maxima et minima d'absorption, se trouvent décalés vers les petites longueurs d'onde pour les nitrates alcalinoterreux anhydres, ainsi que pour ceux des éléments des terres rares étudiés, sauf pour celui de cérium trivalent. Les nitrates de calcium et de strontium, hydratés à $4OH^2$, présentent, par contre, des limites de bandes normales.

Notons, d'autre part, pour les nitrates alcalinoterreux, l'apparition

progressive du maximum et du minimum d'absorption avec l'augmentation du poids atomique du métal.

Le décalage de la limite de la bande d'absorption a lieu vers les grandes longueurs d'onde, par rapport aux autres nitrates, pour les sels d'argent, de thallium, de mercure, de cuivre bivalent, de cérium et de fer trivalents.

Les nitrates doubles étudiés présentent des bandes différentes de celles des sels simples constituants, les deux groupements nitriques et les deux éléments métalliques étant liés mutuellement dans le réseau cristallin. Dans les cas d'un mélange ou d'un sel mixte, on observe simplement, à la limite près de la précision de lecture des caractéristiques d'absorption ($\pm$ 10 à 50 Å suivant les cas), la superposition des deux spectres ou la prédominance de celui d'entre eux qui possède la bande la plus intense.

Indiquons enfin pour $NO^3Ag.2NH^3$, par rapport à NO^3Ag, le décalage vers les petites longueurs d'onde de la bande d'absorption du groupement nitrique.

En résumé, nous avons obtenu, par la méthode de réflexion, les spectres d'absorption ultraviolets d'un certain nombre de nitrates métalliques simples à l'état solide, et montré l'influence du cation et celle de l'eau d'hydratation sur la position des bandes caractéristiques de l'anion nitrique.

Les nitrates doubles possèdent des bandes différentes de celles de leurs deux constituants.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation du cyclohexène avec quelques dérivés benzéniques halogénés.* Note de M. **Roger Pajeau**, présentée par M. Marcel Delépine.

Si l'alcoylation d'hydrocarbures benzéniques par des hydrocarbures non saturés a fait l'objet de nombreux mémoires, celle de leurs dérivés halogénés a été peu étudiée. Nous indiquerons les résultats obtenus dans la condensation du cyclohexène avec des dérivés benzéniques halogénés en présence de chlorure d'aluminium et dans la préparation de cet hydrocarbure par déshydratation du cyclohexanol au moyen de composés du glucinium.

Après différents essais, le mode opératoire suivant a été adopté : le cyclohexène ($0^{mol},5$) était introduit goutte à goutte dans un ballon renfermant le dérivé halogéné en excès ($1^{mol},5$) et du chlorure d'aluminium récemment sublimé et pulvérisé (8^g), le tout agité sous un courant d'eau

froide. La réaction est terminée dès que cesse l'écoulement du cyclohexène, ce qui nécessite une quinzaine de minutes. Le résultat de l'opération est ensuite soumis aux traitements habituels.

La condensation du chlorobenzène et du cyclohexène a fourni dans ces conditions, avec un rendement de 50 %, le parachlorocyclohexylbenzène. H. A. Mayes et E. E. Turner (1) l'ont obtenu en faisant agir le chlorobenzène et le chlorure de cyclohexyle en présence de chlorure d'aluminium, et R. Truffault (2), en condensant le chlorobenzène et le cyclohexène au moyen d'acide sulfurique. On a recueilli en outre 6^g d'un chlorodicyclohexylbenzène, $É_{15}$ 224-226°. Le rendement en parachlorocyclohexylbenzène n'est pas amélioré par l'addition de sulfure de carbone au chlorobenzène; il est diminué par une élévation notable de la température de la réaction qui favorise la formation de produits de condensation avancée. Sous l'action de l'acide nitrique de densité 1,2, le parachlorocyclohexylbenzène donne de l'acide parachlorobenzoïque; le chlorodicyclohexylbenzène se résinifie.

Avec le bromobenzène et le cyclohexène ont été obtenus 35^g de parabromocyclohexylbenzène qu'une oxydation nitrique a convertis en acide parabromobenzoïque. Il a été préparé par les auteurs précités (1), (2) et par D. Bodroux et R. Thomassin (3) qui ont effectué la bromuration du cyclohexylbenzène. En présence de bromure d'aluminium ou de bromure ferrique, le brome en excès et à froid, à la lumière diffuse, forme avec le parabromocyclohexylbenzène de l'hexabromobenzène.

En essayant de condenser l'iodobenzène avec le cyclohexène, nous n'avons obtenu qu'un liquide se décomposant à la distillation sous pression réduite.

L'orthochlorotoluène a fourni un méthyl-1-chloro-2-cyclohexylbenzène $É_{14}$ 149-150° (rendement 40 %) et le parachlorotoluène, un méthyl-1-chloro-4-cyclohexylbenzène $É_{14}$ 148-149° (rendement 35 %); il se forme, en outre, 6^g d'un méthyl-1-chloro-4-dicyclohexylbenzène F 140°. Les spectres Raman des corps signalés et ceux de quelques isomères seront publiés ultérieurement.

Le cyclohexène utilisé a été obtenu par déshydratation du cyclohexanol au moyen de catalyseurs. Au cours de recherches antérieures (4), nous

---

(1) *J. Chem. Soc.*, 1929, p. 500.
(2) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 726.
(3) *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 6, 1939, p. 1411.
(4) R. Pajeau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1347.

avions constaté que le bromure de glucinium peut être substitué au chlorure de zinc comme déshydratant, dans la préparation de la résacétophénone avec l'acide acétique et la résorcine; le rendement est cependant plus faible. Chauffé avec du cyclohexanol à l'ébullition, cet halogénure permet de recueillir du cyclohexène, mais son action n'est pas durable.

La déshydratation des vapeurs de cyclohexanol à 300° est catalysée par l'oxyde de glucinium; celui-ci étant préparé en faisant agir l'ammoniaque sur le sulfate de glucinium, nous avons essayé d'utiliser le sel lui-même.

Si du sulfate de glucinium (tétrahydraté 8^g) est disposé sur des billes de verre à l'intérieur d'un tube chauffé à 200° sur 30^{cm} de longueur, où circulent des vapeurs de cyclohexanol, on obtient, en moyenne par heure, après séparation de l'eau, 26^g d'un liquide renfermant 85 % de cyclohexène.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la teneur en chlorures de quelques sédiments fluviomarins.* Note [1] de M. **Claude Francis-Bœuf.**

Dans un estuaire, les dépôts qui sont recouverts par la marée ont une teneur en chlorures d'autant plus élevée que les eaux qui les baignent sont elles-mêmes plus salées. Toutefois, on a l'habitude de rapporter cette teneur au poids sec du sédiment. Il est pourtant évident que plus le sédiment peut inclure ou retenir d'eau, plus il contiendra de sels une fois desséché. Cette teneur en eau dépend de la structure, de la granulométrie [2], de la nature des colloïdes associés etc. Dans ces conditions, il est difficile de comparer entre elles les teneurs en chlorures des sédiments désséchés.

On élimine, par contre, cette incertitude, en rapportant la teneur en chlorures, non plus au poids sec du sédiment, mais à l'eau qui lui est associée. On obtient alors des valeurs qui sont comparables dans tous les cas.

La teneur en eau par rapport au poids d'un sédiment est

$$T\,\% = \frac{(P-p).1000}{p-t},$$

où P est le poids de l'échantillon frais + celui du récipient,
p » » sec + »
t » du récipient.

---

(1) Séance du 3 novembre 1941.

(2) La quantité d'eau dépend, entre autres, de la surface totale du sédiment et, par conséquent, augmente rapidement avec la finesse des particules qui le constituent.

La teneur naturelle en eau (T) d'un échantillon est très difficile à mesurer exactement. Elle dépend des conditions de prise de l'échantillon, de l'évaporation etc. En revanche, on peut lui substituer une autre valeur qui, elle, peut se mesurer au laboratoire, *la teneur en eau sous tassement libre* (T_1) (3), (4). Il suffit de disperser, par agitation dans l'eau, un certain poids de l'échantillon dans une éprouvette, puis de le laisser reposer pendant 24 heures, et, après décantation de l'eau surnageante, de mesurer la teneur en eau, T_1, du dépôt.

Si l'on connaît, d'autre part, la teneur en chlorures du sédiment (5), il est facile d'établir les rapports suivants :

$$\frac{\text{Chlorures de l'échantillon en } \%}{\text{Teneur naturelle en eau } (T\ \%)} 1000 = \frac{C}{T} 1000 = S$$

$$\frac{\text{Chlorures de l'échantillon en } \%}{\text{Teneur en eau sous tassement libre } (T_1\ \%)} 1000 = \frac{C}{T_1} 1000 = S_1.$$

qui donnent la salinité de l'eau d'imbibition du sédiment. S est en général plus forte que dans les conditions naturelles (T, trop élevée); par contre, S_1 est toujours plus faible.

Il est intéressant, ainsi que l'ont indiqué D. M. Reid (6), Alexander, Southgate et Bassindale (7), de comparer la teneur en chlorures des eaux d'imbibition du sédiment à celle de l'eau qui le recouvre (S_r). Ces auteurs, qui recueillaient directement l'eau d'imbibition avec une pipette, ont constaté que S est toujours plus élevée que S_r.

Par une toute autre méthode, j'ai cherché à établir les rapports : S/S_r et S_1/S_r, pour le cas des vases de l'estuaire de la Penzé (Finistère). Celles-ci ont été recueillies, en surface, au Pont de la Corde (rive droite), aux quatre niveaux suivants :

1, à la limite de l'eau à basse mer; 2, au niveau intermédiaire entre le

---

(3) J. Bourcart, *Soc. Géol. Fr.*, à paraître en 1941.

(4) B. Brajnikov, *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 271-273.

(5) La teneur en chlorures du sédiment est obtenue par des lavages successifs, à l'eau distillée et à l'ébullition, d'un certain poids de l'échantillon desséché à 110° : la dernière eau de lavage ne doit pas troubler le nitrate d'argent. La totalité des eaux de lavage est recueillie et jaugée, et, sur un volume connu de ces eaux, on dose les chlorures à l'aide d'une solution titrée de NO^3Ag.

(6) *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 16, 1930, p. 609 et 18, 1932, p. 299.

(7) *Journ. Mar. Biol. Assoc.*, 18, 1932, p. 97; *Survey of the Tees.*, H. M. S. O., Londres, 3e partie, pp. 42-43 et 85-86, 1931-1935.

bas de l'eau et la cale; 3, au niveau de la cale; 4, au niveau des maisons de la berge (haut de la cale).

Les résultats obtenus sont les suivants :

N^os.	T %.	T_1 %.	C %.	S_r ‰.	S.	S_1.	S/S_r.	S_1/S_r.
1.....	143	185	4,59	24,5	32,09	24,80	1,30	1,01
2.....	102	141	4,59	29,0	45,00	32,50	1,55	1,12
3.....	099	122	4,59	33,0	46,36	37,60	1,40	1,14
4.....	126	172	5,10	34,5	40,47	29,60	1,17	0,85

S_1/S_r est inférieur à l'unité pour le niveau 4, mais il faut tenir compte du fait que ce niveau n'est atteint par les eaux salées qu'aux hautes mers de vive eau et que, par conséquent, les eaux de ruissellement peuvent dessaler partiellement le sédiment.

On constate donc que la teneur en chlorures des eaux d'imbibition est supérieure à celle des eaux de recouvrement.

C'est aussi la conclusion à laquelle arrivaient les auteurs précédemment cités.

Pour rendre compte de ce phénomène on peut envisager l'hypothèse suivante : par suite d'une dessiccation plus ou moins grande du sédiment, pendant le temps de la marée descendante, l'eau d'imbibition voit sa concentration en chlorures augmenter; les eaux qui imbibent de nouveau le sédiment, avec le flot, se mélangent aux eaux résiduelles, et la teneur en chlorures des nouvelles eaux d'imbibition augmente alors.

L'hypothèse semble se vérifier si l'on considère que le rapport S_1/S_r augmente avec la hauteur du niveau. En effet, le niveau 1 reste moins longtemps à l'air libre que le niveau 3 : la durée d'évaporation possible est donc moins prolongée.

Des recherches plus complètes sont nécessaires pour expliquer le mécanisme exact de ce phénomène, mais, dès maintenant, on peut faire certaines remarques :

1° Les auteurs anglais pensent, et l'on peut facilement adopter leur point de vue, que la teneur en chlorures élevée des eaux d'imbibition des sédiments explique la possibilité pour des espèces fouisseuses, Mollusques ou Annélides marins, par exemple, de supporter les grandes variations de salinité des eaux des estuaires. Ces animaux, enfouis dans la vase, à basse mer, trouveraient des conditions de vie peu différentes de celles de l'eau de mer à marée haute. Si, dans le cas qui a été étudié ici, le rapport S_1/S_r est assez voisin de l'unité, il n'en est pas de même pour les zones fluvio-

marines situées en amont. C'est ainsi qu'au village de Penzé ([8]) où, pendant plusieurs heures au cours d'une marée, les eaux sont douces, M. Prenant et M. Duval ([9]) ont constaté la présence du crabe *Carcinus mænas*. Ils pensent que cet animal se terre dans la vase plus salée. D'après des observations faites dans des conditions sensiblement analogues par Alexander, Southgate et Bassindale, la vase serait imbibée par une eau dont la teneur en chlorures serait de 11 ‰. On peut donc se demander s'il n'y a pas là une explication générale de la présence d'espèces marines, là où les conditions physicochimiques des eaux sont différentes de celles de l'eau de mer.

2° Du point de vue géologique, on peut aussi se demander ce que deviennent les chlorures résultant de l'évaporation des eaux d'imbibition au moment du dépôt des roches meubles ([10]).

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la dédifférenciation des cellules chlorophylliennes dans les boutures de feuilles de* Brimeura amethystina *L.* Note de M. **Roger Buvat**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Dans les boutures de feuilles de *Brimeura amethystina*, en dehors de l'activité de l'épiderme, qui forme les bulbilles, des racines naissent dans le parenchyme chlorophyllien par dédifférenciation de ses cellules ([1]).

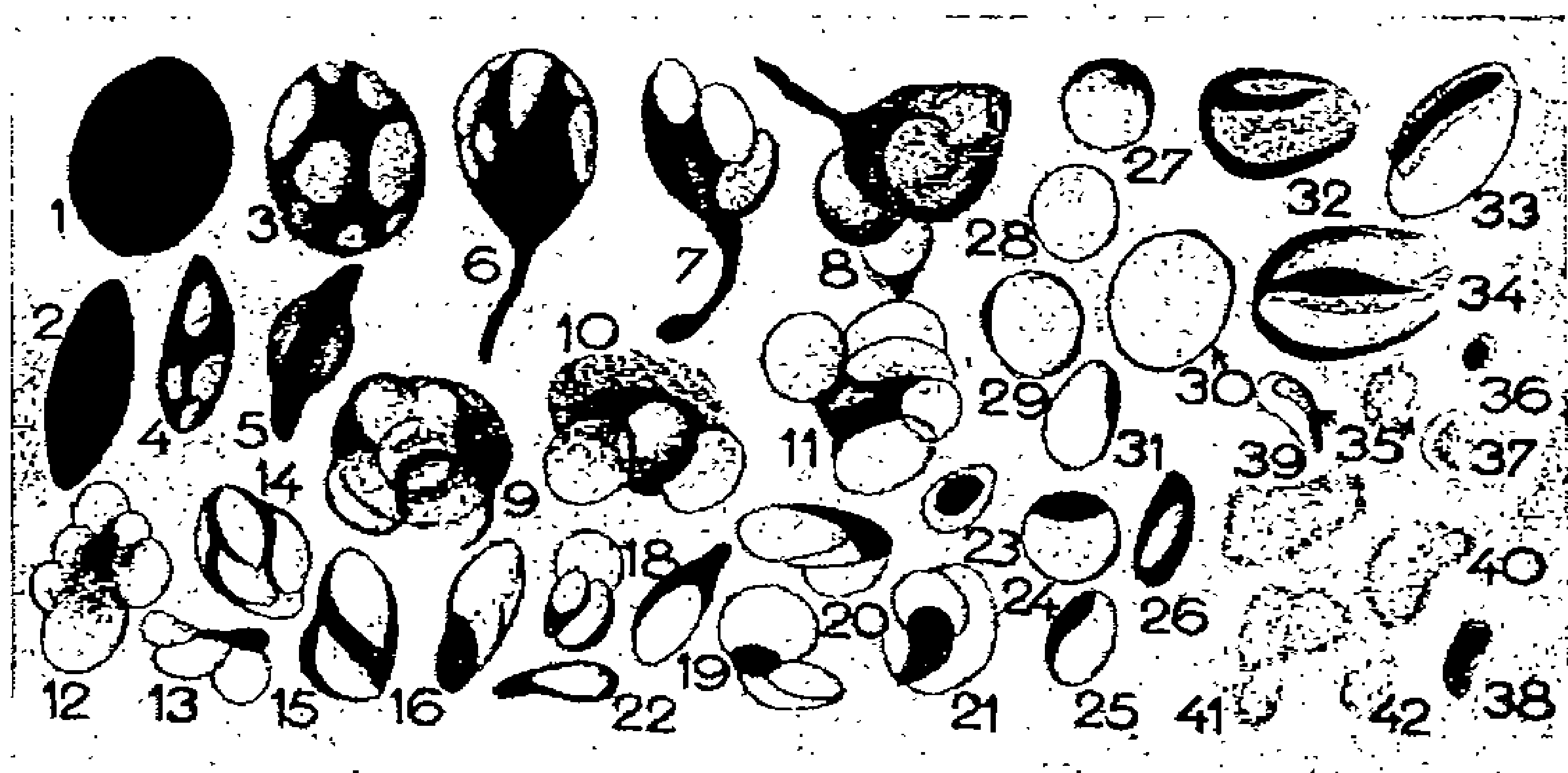
Les cellules du mésophylle de *B. amethystina* sont constituées par une mince couche cytoplasmique pariétale, limitant une grande vacuole centrale; le noyau est accolé à la paroi; le cytoplasme renferme des chondriocontes flexueux, souvent ramifiés, ou renflés à leurs extrémités, et des mitochondries granuleuses. Les chloroplastes sont répartis dans tout le cytoplasme; beaucoup entourent le noyau; ils sont lenticulaires, mais certains sont restés plus ou moins longuement caudés, rappelant ceux décrits par Guilliermond dans l'Iris (*fig.* 1 à 8).

Les premiers signes d'activation concernent les plastes et le noyau. L'activation du noyau est précoce et l'on trouve des caryocinèses dans des

([8]) C. Francis-Boeuf, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 805.
([9]) *Trav. Stat. Biol. Roscoff*, 4, 1926, p. 89.
([10]) J. Walther, *Das Gesetz der Wüstenbildung*, 2e édition, 1912.

([1]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 314-316.

cellules à gros chloroplastes encore semblables à ceux de la feuille normale. Cependant la plupart des chloroplastes accumulent beaucoup d'amidon; chaque plaste en élabore plusieurs grains, d'abord lenticulaires, puis devenant ovoïdes ou sphériques à leur maximum de développement (*fig.* 9 à 16).



Figures d'involution des chloroplastes des cellules du mésophylle de *Brimeura amethystina*, obtenues par les méthodes de Regaud, de Meves et de Guilliermond.

Cette amylogenèse est parfois plus poussée et aboutit à la formation de gros amyloplastes, souvent simples, résultant de la séparation des grains du chloroplaste primitif; leur coque mitochondriale devient extrêmement mince et souvent invisible, mais des préparations obtenues avec le fixateur de Meves nous ont permis de constater qu'elle existe toujours, et de rejeter l'hypothèse de la libération de grains d'amidon par détachement du plaste (*fig.* 27 à 31).

Au cours de cette évolution, la chlorophylle disparaît lentement, mais beaucoup de plastes, même bourrés d'amidon, en contiennent encore un peu : leur transformation en amyloplastes dépigmentés est tardive; elle ne s'achève parfois que lorsque leur contenu commence à être utilisé. Nous aboutissons à la constitution d'un tissu appauvri en chlorophylle et très riche en amidon. A cet état, les cellules sont devenues polyédriques et forment de petits massifs sans lacunes ni méats. La taille des noyaux a peu varié; le cytoplasme forme toujours une mince pellicule pariétale, renflée autour du noyau et des plastes, le centre étant occupé par la vacuole habituelle.

C'est dans de telles cellules que commencent à se produire de véritables

phénomènes de dédifférenciation. Certains plastes ne changent pas de taille ni de forme, on les retrouve çà et là jusque dans des cellules nettement méristématiques. Cependant leur amidon est progressivement digéré; la solution iodée ne colore plus que les régions au contact du corps mitochondrial (*fig.* 32 à 34), mais laisse des espaces incolores, qui semblent remplis des produits de cette hydrolyse; ceci explique la constance de leur forme. Le corps mitochondrial se ramasse en lames minces entre les grains.

Le plus souvent, les plastes subissent une diminution de taille en conservant leur même aspect, puis le corps du plaste se localise en une ou plusieurs calottes à la périphérie de chaque grain d'amidon et acquiert progressivement des formes globuleuses et en bâtonnets souvent renflés en massues (*fig.* 18 à 26). Beaucoup de ces bâtonnets se divisent par étranglement en deux granules après digestion de l'amidon. Ainsi les formes habituelles du chondriome des cellules méristématiques se trouvent réalisées par involution des plastes. L'amidon est digéré lentement au fur et à mesure de la prolifération de ce tissu méristématique; sa persistance est considérable, on en trouve encore dans le méristème organisé de la jeune racine, alors qu'il commence à fonctionner (*fig.* 35 à 42).

Cette involution des plastes s'accompagne de la segmentation des chondriocontes; elle est souvent précoce et aboutit à la formation de courts bâtonnets ou de mitochondries granuleuses. Mais, comme dans la genèse épidermique des bulbilles, tandis que les plastes se résorbent peu à peu en passant par l'état d'amyloplastes, une partie du chondriome banal, plus ou moins segmenté déjà, commence à se différencier en amyloplastes. Il s'agit le plus souvent de mitochondries granuleuses, mais on rencontre aussi des chondriocontes formant un ou plusieurs petits grains d'amidon. De nombreuses observations nous ont permis de les distinguer des anciens chloroplastes en voie de dédifférenciation, auxquels ils ressemblent souvent. Leur aspect vésiculeux et leur petite taille les caractérisent dans la plupart des cas.

La réduction et la segmentation de la grande vacuole centrale s'effectuent progressivement, mais complètement, jusqu'à la formation de très petites vacuoles, souvent filamenteuses, à contenu concentré.

Finalement, nous obtenons de petits massifs dont les cellules ont tous les caractères des cellules méristématiques ordinaires; elles prolifèrent en s'organisant et forment des racines normales. Il y a donc eu, à partir de cellules chlorophylliennes adultes, ayant cessé de se diviser, une dédiffé-

renciation totale, jusqu'à l'état de cellules embryonnaires, capables de se rédifférencier ensuite en les diverses cellules d'une racine normale.

ENTOMOLOGIE. — *Sur le développement de* Leucotermes (Reticulitermes) lucifugus *Rossi*. Note ([1]) de M. **Jean Bathellier**, présentée par M. Louis Bouvier.

Au cours de précédents travaux ([2]), j'ai recueilli des précisions sur le développement des diverses castes de certains Termites indochinois, appartenant tous à la famille des *Métatermitidés*. J'ai constaté que le développement des sexués de ces Termites se réalise par cinq stades nymphaux à bourgeons alaires graduellement développés, stades précédés d'un stade larvaire plus petit, de forme indifférenciée, et suivis du stade adulte.

Grassi, d'autre part, a donné, il y a près de cinquante ans, un schéma du développement du Termite commun dans le midi de l'Europe, *Leucotermes* (*Reticulitermes*) *lucifugus* Rossi, famille des *Mésotermitidés* ([3]). L'auteur représente le stade sexué adulte comme succédant à trois stades nymphaux, succédant eux-mêmes à deux stades larvaires, dont le second se distingue déjà, par une plus petite tête, des larves neutres de même taille.

J'ai eu moi-même, au cours de ces derniers mois, l'occasion d'examiner de nombreuses populations de cette espèce, et j'ai constaté que les vues de Grassi doivent être modifiées comme il suit.

Certaines larves désignées par Grassi comme ayant une petite tête, 14 articles aux antennes, et faisant la transition entre les larves prénymphales et les formes larvaires neutres, soldats et ouvriers, sont, en réalité, des nymphes. Elles présentent au méso et au métanotum des ébauches latérales d'ailes incontestables, bien que fort petites, ébauches nettement détachées de l'abdomen et présentant un angle à l'arrière. Chacune possède deux petites nervures parallèles au bord latéral. Pendant presque toute la durée de ce stade, les antennes montrent 12 articles; la division du troisième article en trois nouveaux ne se produit que vers la fin. Ce sont ici les premières nymphes de la série des formes sexuées : je les désigne par le n° 1.

([1]) Séance du 27 octobre 1941.

([2]) *Contribution à l'étude systématique et biologique des termites de l'Indochine*. Paris, 1927, pp. 243-329.

([3]) Grassi et Sandias, *Costituzione e sviluppo della società dei* Termitidi. Catania, 1893, pp. 54-63.

Les nymphes n° 2 ont des ébauches d'ailes encore purement latérales, plus aiguës que les précédentes. Chez les nymphes du troisième stade, les ébauches d'ailes dépassent le bord postérieur du segment, les postérieures atteignent le bord postérieur du premier tergite abdominal.

Grassi a, de plus, signalé comme naissant de ce troisième stade nymphal, les *nymphes de la deuxième forme* de Lespès à courts bourgeons alaires. Ses propres figures et l'examen des insectes m'ont fait voir qu'il a réuni sous ce nom deux catégories de nymphes. Les unes ont des ébauches d'ailes postérieures atteignant le bord postérieur du deuxième tergite abdominal, leurs yeux composés ne sont jamais pigmentés; je les ai trouvées dès septembre dans les nids, donc peu de temps après le début du cycle sexuel. Ce sont les nymphes n° 4.

Elles produisent les nymphes n° 5, désignées par Lespès comme *nymphes de la première forme*, montrant 18 articles aux antennes, des ébauches d'ailes postérieures dépassant le bord postérieur du quatrième tergite. Seules, ces ultimes nymphes présentent une légère pigmentation brun rouge des yeux composés, développée dans les éléments antérieurs. Ceci constitue une différence avec les *Métatermitidés* tropicaux, chez lesquels les yeux composés sont pigmentés dès le troisième stade nymphal.

A ces nymphes font suite les sexués adultes pourvus de longues ailes; ils sont, d'abord, complètement blancs sauf les yeux composés, qui sont bruns dans toute leur étendue. A ce moment, les antennes ont 19 articles.

D'autre part, les « nymphes de la deuxième forme » des auteurs renferment encore d'autres insectes. Ceux-ci ont un corps en général plus long, plus variable avec l'âge. Leurs bourgeons d'ailes sont nettement plus courts que ceux des nymphes n° 4 : ils n'atteignent pas le bord postérieur du premier tergite abdominal; ils sont donc relativement plus courts que ceux mêmes des nymphes n° 3. Leurs antennes ont 18 articles au début du stade, elles acquièrent bientôt 19 articles, et l'œil composé peut se pigmenter graduellement, mais par toute sa surface.

J'ai trouvé plusieurs nymphes de cette forme présentant 20 articles aux antennes et des yeux colorés en brun : ce sont là les reproducteurs néotènes déjà signalés par Grassi et d'autres auteurs. Je n'ai rencontré ces vraies *nymphes de la deuxième forme* dans les nids que dans la dernière partie du cycle reproducteur, avant l'envol des sexués, à partir de mars.

Voici les caractéristiques des diverses nymphes de la série des sexués parfaits.

	Nymphes du				
	1er stade.	2e stade.	3e stade.	4e stade.	5e stade.
	mm	mm	mm	mm	mm
Longueur totale	2,67	3,44	4,36	5,38	5,54
Longueur du corps (abdomen+thorax)	1,90	2,67	3,23	4,31	4,56
Longueur de la tête	0,77	0,92	1,18	1,44	1,44
Largeur de la tête	0,67	0,82	0,97	1,08	1,13
Nombre des articles des antennes	12	14	16	18	18

Il ressort de ces faits les conclusions suivantes :

1° Le développement des sexués normaux de *Leucotermes* (*Reticulitermes*) *lucifugus* Rossi s'accomplit, comme chez les *Métatermitidés*, en cinq stades nymphaux successifs et non pas en trois. D'ailleurs, le genre *Leucotermes* est parmi les *Mésotermidités*, un de ceux qui se rapprochent le plus des *Métatermitidés*, spécialement des *Macrotermes*.

2° Les néotènes signalés depuis longtemps dans l'espèce susdite semblent se détacher à un moment déterminé de la série des stades nymphaux normaux. Leur propre développement comporte un nombre fixe de stades : ceci doit les faire considérer comme une caste régulière supplémentaire.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Le rôle de la vitamine* B_1 *dans l'utilisation des différentes fractions organiques des aliments.* Note de M. **Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

Étudiant la combustion physiologique des glucides, lipides et protides (glucose, huile d'olive, peptone de muscle), nous avons observé dans tous les cas des modifications des échanges respiratoires comparables, laissant à penser qu'il s'institue un processus de combustion complexe où semblent intéressées les diverses fractions organiques des aliments (1). Par ailleurs l'utilisation de glucides, lipides ou protides variés, entrant en fortes proportions dans des régimes artificiels, ne nous est apparue possible pour l'organisme du Pigeon qu'en présence d'une proportion de vitamines B suffisante (2). Il est vrai que ces vitamines B, que nous considérions dès 1928, avec Mme L. Randoin, comme formées au moins de trois

(1) R. Lecoq et J.-M. Joly, *C. R. Soc. Biol.*, 123, 1936, p. 680.
(2) R. Lecoq, *Thèse Doct. Sc. nat.*, Paris, 1934.

éléments (B_1, B_2, B_3), se montrent, à la lumière des connaissances nouvelles, comme des métabolites indispensables à l'action des diastases musculaires, la thiamine (B_1) étant le constituant essentiel de la cocarboxylase, la riboflavine (B_2) formant le groupe actif du ferment jaune de Warburg, et l'association riboadénine et ribonicotinamide (B_3) étant à la base des coferments I et II [3].

En dépit de ces faits il est classique de baptiser la riboflavine du nom trop limitatif de *vitamine* B_2 *d'utilisation des glucides*; mais ce que nous venons de rappeler montre que les vitamines B_1 et B_3 auraient autant de droit à cette désignation. D'autre part, tout porte à croire que ces vitamines ne se contentent pas d'intervenir dans la dégradation des glucides, mais interviennent encore dans le métabolisme des lipides et des protides.

Pour vérifier le bien-fondé de cette hypothèse, nous nous sommes adressé à la vitamine B_1 (thiamine cristallisée), à laquelle on n'attribue d'ordinaire que des propriétés antinévritiques.

L'expérimentation fut conduite sur des lots de quatre pigeons adultes de 350^g environ, recevant de l'eau à volonté et une alimentation limitée, donnée quotidiennement par gavage et constituée par 18^g de saccharose ou 9^g d'huile d'olive ou 18^g de peptone de muscle, ces substances de base étant additionnées de 1^g,60 d'agar-agar pulvérisé et de 0^g,40 de papier filtre coupé en menus morceaux, jouant le rôle de substances de lest. Trois autres lots de pigeons reçurent en outre les mêmes nourritures avec adjonction journalière de 175 γ de vitamine B_1. Il est bien évident que le saccharose, l'huile d'olive et la peptone de muscle ingérés en quantités sensiblement isodynames ne peuvent, malgré l'addition de substances de lest et de vitamine B_1, réaliser une alimentation satisfaisante, puisqu'ils sont privés des autres éléments organiques essayés concurremment et presque complètement dépourvus d'autres vitamines et de sels minéraux.

Quand ces régimes sont donnés sans vitamine B_1, ils n'assurent chez le Pigeon que des survies variables, en rapport avec l'élément de base et avec sa rapidité d'assimilation intestinale, fait maintes fois vérifié par Mme L. Randoin et H. Simonnet et par nous-même. Ces survies se montrent fort courtes pour le saccharose et la peptone de muscle, plus longues pour l'huile d'olive. Avant l'issue fatale, les animaux présentent, dans tous les cas, des crises polynévritiques nettes; mais tandis que la paralysie des

---

[3] R. Lecoq, *Les vitamines* B, Publication n° 609 du *Centre de Documentation chimique*, Paris, 1940.

pattes s'observe très régulièrement, les troubles cérébelleux particulièrement dramatiques ne se produisent qu'avec le saccharose et la peptone de muscle.

L'adjonction quotidienne de 175γ de vitamine B_1 entraîne une prolongation appréciable des survies, et, si elle ne suffit à empêcher ni la chute progressive du poids ni en fin d'expérience la chute de la température centrale, elle écarte de façon manifeste toutes crises typiques de polynévrite. L'action complémentaire de la vitamine B_1, ajoutée ici en large excès, n'est toutefois pas équivalente dans tous les cas. Les survies se trouvent en effet prolongées de 5 à 15 jours avec la peptone de muscle, de 10 à 30 jours avec l'huile d'olive et de 35 à 55 jours avec le saccharose. L'addition de vitamine B_1 favorise donc bien l'utilisation des différents éléments de la fraction organique des aliments; mais, pour les exemples choisis, son action décroît des glucides aux lipides et des lipides aux protides.

Voici un résumé des survies observées :

Régime.	sans B_1.	avec B_1.
Saccharose............	13–18 jours	55–70 jours
Huile d'olive..........	25–30 »	40–55 »
Peptone de muscle.....	15–20 »	25–35 »

La réserve alcaline, déterminée par la méthode de van Slyke sur le sang de nos animaux prélevé par décapitation lorsque la mort semblait proche, oscillait entre 20 et 45^{cm^3} de CO^2 % de plasma en l'absence de vitamine B_1, et entre 47 et 55^{cm^3} quand il y avait adjonction de cette vitamine, quel que fût le régime.

Conclusions. — Une nouvelle preuve est fournie du rôle joué par les vitamines B (et spécialement ici de la vitamine B_1) dans le métabolisme des trois constituants de la fraction organique des aliments : glucides, lipides, protides. La riboflavine ou vitamine B_2 n'est pas seule à favoriser l'utilisation des glucides.

L'action exercée par la vitamine B_1 sur le saccharose, l'huile d'olive et la peptone de muscle, se traduit chez le Pigeon par une prolongation des survies, allant en décroissant de la première à la dernière de ces substances.

La vitamine B_1 exerce également une protection très nette sur la réserve alcaline, qui est sensiblement abaissée par l'avitaminose B totale.

Comme dans nos précédentes recherches sur les déséquilibres alimentaires, les crises polynévritiques apparaissent sous la dépendance d'un

état acidosique des sujets. Toutefois les crises cérébelleuses manquent dans les troubles propres au métabolisme des lipides, parce que celles-ci se trouvent liées, ainsi que nous l'avons montré antérieurement, à une intoxication acide, proprement lactique ou pyruvique (4).

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Sur les rôles de la vitamine* C *et de la phosphatase dans la formation de la substance osseuse au niveau des cals de fracture*. Note de M. **Jean Roche** et Mme **Raphaële Martin-Poggi**, présentée par M. Antonin Gosset.

La fragilité osseuse des scorbutiques (Tozer, Mouriquand, Djabri) et l'existence de troubles, tant dans la réparation des fractures expérimentales (Bier, Lexer, Roche et Martin-Poggi) que dans le développement dentaire (Hanke, Fish et Harris) chez le Cobaye carencé en acide ascorbique, sont des preuves indirectes du rôle de la vitamine C dans l'ossification. De plus la participation aux processus ostéogénétiques d'une phosphatase, facteur d'enrichissement local en ions phosphoriques, ne saurait être mise en doute (Robison, Roche). Aussi avons-nous cherché à préciser l'action de la vitamine et celle de l'enzyme dans la formation des cals osseux, matériel de choix pour suivre l'évolution de l'ostéogenèse sans que les diverses phases de celle-ci chevauchent, comme tel est le cas dans les pièces squelettiques en croissance. Pensant que la vitamine C et la phosphatase doivent être présentes en quantité particulièrement grande dans les foyers de fracture pendant la période où chacune y joue un rôle physiologique important, nous avons dosé l'une et l'autre dans des cals expérimentaux de formation plus ou moins ancienne (1).

Nos recherches ont porté sur 68 Cobayes adultes ayant subi une fracture du radius droit. Les animaux, soumis à un régime alimentaire complet, non scorbutigène, ont été sacrifiés à des temps successifs après le traumatisme. Les dosages d'acide ascorbique (méthode de Tillmanns, modifiée par Manceau, Policard et Ferrant) et de phosphatase (méthode

(4) R. Lecoq, *Bull. Sc. pharmacol.*, 47, 1940, p. 154.

(1) On trouvera la bibliographie de travaux cités dans cette Note et de nombreuses références sur le même sujet dans R. Martin-Poggi, *Vitamine* C *et réparation des fractures osseuses* (*recherches expérimentales*). *Thèse Doct. Pharm.*, Marseille, 1941; 1 vol., 84 p., Lons-le-Saulnier.

de Roche, Filippi et Léandri) dans leurs cals et dans les diaphyses radiales d'animaux normaux témoins ont donné des résultats qui, malgré des écarts individuels importants, se traduisent par des valeurs moyennes d'un ordre de grandeur significatif, comme en témoigne l'examen du tableau ci-dessous.

Teneurs moyennes en acide ascorbique (mg p. %) *et activités phosphatasiques moyennes* (unités pour 100^g) *des diaphyses radiales de cobayes normaux et de cals de cobayes porteurs d'une fracture de la diaphyse radiale.*

Nombre de jours écoulés depuis la fracture.	État du cal.	Acide ascorbique (mg).	Activité phosphatasique (unités).
0.......	Diaphyse normale	3,8	2,3
0 à 10.........	Ébauche conjonctive	12,4	4,5
10 à 14.........	Cal conjonctif	20,4	5,4
14 à 18.........	Cal conjonctif	9,7	8,8
18 à 24.........	Début d'ossification	4,1	34,4
24 à 30.........	Cal osseux	3,1	2,9

Les faits suivants se dégagent de nos expériences :

I. Les cals de fracture sont le siège d'une accumulation d'acide ascorbique dans la période de leur évolution au cours de laquelle la matrice conjonctive se constitue. Cette observation, en accord avec celles de Wolbach et Howe, de Mmes Mazoué et Randoin, sur l'importance de la vitamine C dans la formation des fibres conjonctives, localise sur ce processus la participation de l'acide ascorbique à l'ostéogenèse. Sa trame protéique primitive une fois formée, le cal est le siège de transformations encore mal définies, aboutissant à l'apparition de ce que les histologistes désignent, avec Leriche et Policard, sous le nom de *substance préosseuse*, en même temps qu'il s'appauvrit en acide ascorbique; le rôle de la vitamine C dans la formation du cal est alors pratiquement terminé.

II. Comme permettaient de le prévoir les observations préliminaires de Botterel et King, de Kamada, de Roche et Filippi, la phosphatase n'apparaît en abondance qu'au début de l'ossification du cal, dans les quelques jours précédant immédiatement la *prise*, après quoi son activité devient très réduite.

Des recherches poursuivies par l'un de nous et Mourgue ont permis de constater que l'on observe alors une accumulation de radicaux phosphoriques en excès dans le cal, en sorte que la principale fonction physiologique de la phosphatase est de préparer la calcification, en permettant par

son activité le stockage des radicaux phosphoriques par la substance préosseuse.

Conclusions. — La vitamine C et la phosphatase participent chacune à une phase particulière de la formation des cals osseux. L'acide ascorbique joue un rôle important dans l'organisation de la matrice protéique, grâce à son action sur le développement des fibres conjonctives; elles n'interviennent plus ensuite que pour l'entretien et le renouvellement de celles-ci. La phosphatase ne manifeste par contre une activité intense qu'immédiatement avant la calcification. Elle permet alors l'accumulation de radicaux phosphoriques au niveau de la substance préosseuse, du phosphate tricalcique se formant par la suite *in situ* lors de la prise du cal.

Ainsi se trouvent délimitées par des processus biochimiques deux étapes de l'ostéogenèse préliminaires à la calcification proprement dite et se succédant dans les cals comme dans les os en croissance.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission du Bacille de Whitmore par le Moustique* Aëdes (Stegomyia) Ægypti. Note de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Émile Roubaud.

Nous avons montré (¹) que la Puce du Rat, *Xenopsylla cheopis*, pouvait transmettre l'infection à Bacille de Whitmore.

Cependant la spécificité parasitaire des infections microbiennes étant en général mal définie, nous avons étendu nos recherches à d'autres Insectes piqueurs; nous rapportons ici les résultats obtenus avec le Moustique *Aëdes Ægypti*, choisi pour son ubiquisme parasitaire.

Technique. — Des *Aëdes*, au nombre de 50 femelles et quelques mâles, sont introduits dans une cage placée à l'obscurité, en atmosphère très humide. A l'intérieur de la cage est suspendu un vase en terre poreux, rempli d'eau et fermé au coton hydrophile. La surface rugueuse et humide de ce vase suffit à assurer l'humidité de l'air et à permettre la ponte des *Aëdes*. Le cycle de ponte et de repas sanguins s'établit très régulièrement et la mortalité est faible.

Expérience. — Dans cette cage sont successivement introduits deux

---

(¹) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 541.

Cobayes inoculés sous la peau avec le produit de broyage de la rate de Cobayes morts de l'infection à Bacille de Whitmore; la souche utilisée est du type rugueux. Les animaux inoculés avec 1^{cm^3} d'un tel broyat meurent, en moyenne, en quatre jours. Les Cobayes infectés sont introduits dans la cage, le ventre épilé et attachés sur le dos; chaque séance de piqûre dure 1 heure. Le premier Cobaye est introduit six fois pendant quatre jours; lors de la dernière séance de piqûres, l'animal est agonisant. Le surlendemain, un second Cobaye, inoculé comme le premier, est soumis aux piqûres des *Aëdes* pendant quatre jours, à cinq reprises. Lors de la dernière séance, le Cobaye est agonisant.

Aux Cobayes infectés succèdent des Cobayes neufs qui sont introduits dans la cage et exposés aux piqûres, dans les mêmes conditions que les Cobayes infectés. Le premier est introduit à 9 reprises pendant 5 jours, au bout desquels il est remplacé par un autre Cobaye neuf, car il présente un ganglion inguinal bien perceptible et, sur la paroi ventrale, un petit nodule purulent non ulcéré. Le second animal sera soumis aux piqûres, à sept reprises, pendant cinq jours, et retiré au moment de l'apparition d'un bubon inguinal et de lésions cutanées. Les deux Cobayes meurent d'infection à Bacille de Whitmore, le premier cinq jours, le second huit jours après la dernière séance de piqûres. Tous deux présentent, au moment de la mort, de nombreux nodules cutanés purulents. A l'autopsie, on note que les ganglions inguinaux sont hypertrophiés, purulents, les poumons ont de nombreux petits abcès, la rate est grosse, avec quelques abcès. Du pus des ganglions et de la rate, on isole des Bacilles de Whitmore du type plissé.

Vingt et un jours après le début de l'expérience, il reste dans la cage 14 *Stegomyia* vivants. Broyés et inoculés sous la peau d'un Cobaye, ils lui donnent une infection à Bacille de Whitmore, mortelle en trois jours, avec placard sous-cutané, adénite inguinale, grosse rate avec abcès et présence de Bacilles de Whitmore.

Les œufs pondus sur le vase poreux sont mis à éclore. Les larves recueillies sont broyées et, après dilution en eau physiologique, inoculées à un Cobaye qui ne s'infecte pas.

En résumé, l'*Aëdes* (*Stegomyia*) *Ægypti* peut s'infecter facilement de Bacilles de Whitmore. Il peut transmettre l'infection par piqûre.

L'infection n'est pas héréditaire chez le Moustique.

Il résulte de nos recherches que l'infection d'Arthropodes variés par le Bacille de Whitmore est possible. Il n'existe donc pas pour ce Microbe, pas plus que pour celui de la peste, de spécificité parasitaire stricte.

Le rôle d'hôte vecteur doit revenir, dans la nature, à celui ou à ceux des Arthropodes auxquels leur comportement parasitaire, vis-à-vis des Rongeurs et de l'Homme, donne les meilleures chances de pouvoir transmettre l'infection.

A 15h20m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15h40m.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1941.

L'avenir de la science. 15. *Le jeu, la chance et les théories scientifiques modernes*, par ÉMILE BOREL. Paris, Gallimard, 1941; 1 vol. 20cm.

Traité de chauffage, par MARCEL VÉRON. Tome I. *Chaleur et température. Chimie de la combustion*. Paris, Dunod, 1941; 1 vol. 25cm,5.

Société des Ingénieurs civils de France. *Recherche des évolutions réelles de l'air et de l'eau dans les laveurs*, par MARCEL VÉRON et A. MISSENARD. Extrait des *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France*. Paris, 1940; 1 fasc. 24cm.

Météorologie et Physique du Globe. Tome I. *Météorologie nautique*. Tome II. *Physique des Mers*, par JULES ROUCH. Paris, Société d'Éditions géographiques, maritimes et coloniales, 1940 et 1941; 2 vol. 25cm,5.

Recherches et expériences sur la préparation d'un vaccin contre le cancer, par GUSTAVE RAPPIN. Nantes, Imprimerie de Bretagne, 1941; 1 fasc. 24cm,5.

Louis Corbière, par A. BIGOT et AUGUSTE CHEVALIER, *in Bulletin de la Société linéenne de Normandie*, 9e série. Tome II. Caen, Imprimerie Ch. Le Tendre, 1941; 1 fasc. 22cm.

Société de biogéographie. VII. *Contribution à l'étude de la répartition actuelle et passée des organismes dans la zone néritique*, par R. ABBARD, M. ANDRÉ, L. BERLAND, A. BIGOT, P.-A. BUROLLET, AD. DAVY DE VIRVILLE, C. DECHASEAUX, L. FAGE, J. FELDMANN, P.-H. FISCHER, E. FISCHER-PIETTE, M. FONTAINE, L. GERMAIN, R. LEGENDRE, Mme P. LEMOINE, H. PRAT, H.-G. SCHENCK et A.-M. KEEN, L.-G. SEURAT, J. TIMON-DAVID. Paris, Paul Lechevalier, 1940; 1 vol. 25cm,5 (présenté par M. Chevalier).

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 NOVEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Physiologie générale du Muséum National d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *André Tournade* obtient 35 suffrages contre 2 à Mme *Lucie Randoin*.

Pour la seconde ligne Mme *Lucie Randoin* obtient 22 suffrages; il y a 8 bulletins blancs.

En conséquence la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.................. M. **ANDRÉ TOURNADE**.
En seconde ligne.................. Mme **LUCIE RANDOIN**.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire d'Ethnologie des Hommes vivants et des Hommes fossiles vacante au Muséum National d'Histoire naturelle, le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour.	2e tour.	3e tour.
M. **HENRI VALLOIS**............	18	18	18
M. **JACQUES MILLOT**...........	17	17	18
Bulletins blancs..............	1	1	1

Les résultats de ce scrutin seront transmis à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale.

CORRESPONDANCE.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les quintiques à cinq rebroussements.* Note de M. Roger Apéry, présentée par M. Élie Cartan.

Del Pezzo[1] a établi l'existence de quintiques à cinq rebroussements, qui sont, d'après les formules de Plücker, de cinquième classe à cinq inflexions. Cette Note a pour but de montrer que ces courbes sont autopolaires par rapport à une conique.

Ces courbes étant de genre 1, les coordonnées d'un point quelconque sont des fonctions elliptiques d'un paramètre u, qui peut être choisi de façon que la somme des paramètres des points d'intersection de la quintique avec une courbe quelconque soit nulle. En coordonnées homogènes on peut poser

$$x = f(u), \qquad y = g(u), \qquad z = h(u), \tag{1}$$

où f, g, h représentent des fonctions elliptiques d'ordre cinq au plus n'ayant d'autre pôle que l'origine et les points équivalents. De telles fonctions sont des combinaisons linéaires et homogènes des cinq fonctions

$$1, \quad \wp u, \quad \wp' u, \quad \wp'' u, \quad \wp''' u.$$

Les paramètres des rebroussements ont une somme congrue à $\alpha (\bmod 2\omega, 2\omega')$, α étant nul ou égal à une demi-période. Les points de contact des tangentes menées d'un point arbitraire de coordonnées λ, μ, ν sont les zéros de la fonction elliptique d'ordre 10

$$\lambda(gh' - hg') + \mu(hf' - fh') + \nu(fg' - gf').$$

La somme des u de ces points de contact est congrue à α ; si l'on pose

$$v = u + \alpha, \tag{2}$$

la somme des v des points de contact des tangentes menées d'un point arbitraire est nulle. Si l'on appelle X, Y, Z les coefficients de l'équation

---

(1) *Rend. Accad. Napoli*, 2e série, 3, 1889, p. 47.

de la tangente au point de paramètre v, on peut écrire

$$X = f_1(v), \qquad Y = g_1(v), \qquad Z = h_1(v), \tag{3}$$

où f_1, g_1, h_1 sont des combinaisons linéaires et homogènes des cinq fonctions 1, $\wp v$, $\wp' v$, $\wp'' v$, $\wp''' v$. Si (1) et (3) représentent la même courbe, les équations (4) sont vérifiées lorsque (2) l'est :

$$\left\{\begin{aligned} & x\mathrm{X} + y\mathrm{Y} + z\mathrm{Z} = 0, \\ & \frac{\partial x}{\partial u}\mathrm{X} + \frac{\partial y}{\partial u}\mathrm{Y} + \frac{\partial z}{\partial u}\mathrm{Z} = 0, \\ & x\frac{\partial \mathrm{X}}{\partial v} + y\frac{\partial \mathrm{Y}}{\partial v} + z\frac{\partial \mathrm{Z}}{\partial v} = 0. \end{aligned}\right. \tag{4}$$

Posons $\mathrm{F}(u, v) = x\mathrm{X} + y\mathrm{Y} + z\mathrm{Z}$; les relations (4) s'écrivent pour $u = \theta$

$$\mathrm{F}(\theta, \theta + \alpha) = 0, \qquad \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial u}(\theta, \theta + \alpha) = 0, \qquad \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial v}(\theta, \theta + \alpha) = 0, \tag{5}$$

et pour $u = \theta + \alpha$

$$\mathrm{F}(\theta + \alpha, \theta) = 0, \qquad \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial u}(\theta + \alpha, \theta) = 0, \qquad \frac{\partial \mathrm{F}}{\partial v}(\theta + \alpha, \theta) = 0; \tag{6}$$

écrivons $\mathrm{F}(u, v)$ sous forme de somme d'une fonction symétrique et d'une fonction alternée : $\mathrm{F}(u, v) = \mathrm{G}(u, v) + \mathrm{H}(u, v)$; par soustraction, (5) et (6) entraînent $(\partial\mathrm{H}/\partial v)(\theta, \theta + \alpha) = 0$. Par suite de son origine, $\partial\mathrm{H}/\partial v$ est combinaison linéaire des déterminants extraits du tableau

$$\left\| \begin{matrix} 1 & \wp u & \wp' u & \wp'' u & \wp''' u \\ 0 & \wp'(u+\alpha) & \wp''(u+\alpha) & \wp'''(u+\alpha) & \wp^{\mathrm{IV}}(u+\alpha) \end{matrix} \right\|;$$

on peut montrer que ces déterminants sont linéairement indépendants tant pour $\alpha = 0$ que pour $\alpha = \omega$.

$\mathrm{H}(u, v)$ est donc identiquement nul, et $\mathrm{F}(u, v)$ est une fonction symétrique. Comme $f(u)$, $g(u)$, $h(u)$ sont linéairement indépendants, ceci n'est possible que si

$$\begin{aligned} f_1(v) &= \mathrm{A}\, f(v) + \mathrm{B}'' g(v) + \mathrm{B}' h(v), \\ g_1(v) &= \mathrm{B}'' f(v) + \mathrm{A}' g(v) + \mathrm{B}\, h(v), \\ h_1(v) &= \mathrm{B}' f(v) + \mathrm{B}\, g(v) + \mathrm{A}'' h(v), \end{aligned}$$

ce qui exprime que les éléments de contact de paramètre u, $u + \alpha$ sont conjugués par rapport à la conique

$$\mathrm{A}x^2 + \mathrm{A}'y^2 + \mathrm{A}''z^2 + 2\mathrm{B}yz + 2\mathrm{B}'zx + 2\mathrm{B}''xy = 0. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

Remarque. — On voit maintenant que α ne peut être nul, sinon tous les points de la quintique seraient sur la conique. Les points qui se correspondent dans la transformation par polaires réciproques sont donc opposés au sens défini dans mon Mémoire sur la Géométrie anallagmatique (cf. l'abrégé paru dans la *Revue générale des Sciences*, novembre 1938, xv-xvi, p. 388).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la continuité des dérivées du potentiel.* Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Plusieurs problèmes d'analyse et de physique mathématique conduisent au problème suivant :

Connaissant le mode de continuité des masses ainsi que le mode de continuïté des multiplicités sur lesquelles ces masses sont étalées, déterminer le mode de continuité des dérivées du potentiel, créé par ces masses.

Jusqu'ici ce problème n'a été étudié, à ma connaissance du moins (1), que dans l'hypothèse de la continuité au sens de Hölder. Dans ce cas les résultats acquis sont décisifs (2), simples et bien connus. Le but de cette Note est de rattacher ces propriétés à l'étude d'une intégrale simple à noyau singulier et de les étendre aux modes de continuité plus généraux, spécialement au cas de continuité logarithmique (3). Les considérations qui suivent ne sont développées que dans le cas de l'espace; mais elles s'appliquent intégralement au cas du plan.

I. Dans l'espace à trois dimensions, rapporté aux trois axes de coordonnées rectangulaires $Oxyz$, envisageons un domaine borné D, limité par une surface fermée S. Relativement à S, nous ferons les hypothèses suivantes, que nous appellerons conditions généralisées de Liapounoff d'ordre n, ou, en abrégé, conditions L_n :

---

(1) Je fais abstraction du Mémoire de M. H. Petrini (*Acta mathematica*, 31, 1907, pp. 127-332), où l'auteur s'est placé à un point de vue local.

(2) On consultera à ce sujet le Mémoire fondamental de A. Liapounoff, *Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 5e série, 4, 1898, pp. 89-150, et les travaux de M. A. Korn, *Annales de l'École Normale supérieure*, 24, 1907, pp. 12-42; de L. Lichtenstein, *Beritchte der sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig*, 78, 1926, pp. 147-238. Le lecteur trouvera un exposé d'ensemble de ces travaux dans l'Ouvrage de M. W. Günther, *La théorie du potentiel*, Paris, 1939, pp. 1-298, ainsi qu'un résumé des recherches de Lichtenstein dans le volume de M. H. Villat, *Leçons sur la théorie des tourbillons*, Paris, 1930, pp. 239-255.

(3) Voir à ce sujet le paragraphe 11 de ma *Thèse* (*Journal de Mathématiques pures et appliquées*, 2e série, 20, 1941, pp. 65-69).

1° La surface S possède, en chacun de ses points, un plan tangent et par suite une normale.

2° On peut attacher à S un nombre $\varepsilon > 0$ possédant la propriété suivante : si l'on décrit ou entoure un point *quelconque* M de S, une sphère Σ_M de rayon ε, l'intersection avec S de toute droite, parallèle à la normale à S en M, menée par un point de S intérieur à Σ_M, se réduit à un point unique.

3° Soit $\theta(M, M_1)$ l'angle aigu des normales à S aux points M et M_1 (on pose $MM_1 = r$); on a alors

$$(1) \qquad |\theta(M, M_1)| \leqq f(r),$$

où $f(r)$ désigne une fonction continue, positive, croissante de r, telle que $f(0) = 0$. La fonction $f(r)$, introduite ci-dessus, sera dite module de continuité de S.

II. Envisageons d'autre part une répartition de masses dans l'espace, soit cubique, soit superficielle. Soit $\mu(M)$ la densité de la masse attirante au point M; nous supposerons que la fonction $\mu(M)$ vérifie l'inégalité

$$(2) \qquad |\mu(M) - \mu(M_1)| \leqq f(r),$$

où $f(r)$ désigne la fonction de $r = MM_1$, introduite dans l'inégalité (1). Nous dirons alors que la densité $\mu(M)$ possède le module de continuité $f(r)$.

III. Relativement à $f(r)$, nous admettrons, de plus, que l'intégrale

$$(3) \qquad I(r) = \int_a^b \frac{f(r) - f(r')}{r - r'} dr', \qquad a \leqq r \leqq b$$

a un sens et est continue dans l'intervalle $a \leqq r \leqq b$. Nous désignerons par $\varphi(r)$ le module de continuité de $I(r)$,

$$(3') \qquad |I(r) - I(r')| \leqq \varphi(|r - r'|).$$

D'après cela, $\varphi(r)$ sera une fonction positive, continue, croissante de r, nulle pour $r = 0$.

IV. Cela posé, envisageons d'abord le cas de la répartition spatiale des masses $\mu(M)$ emplissant le domaine D; $\mu(M)$ étant supposé remplir les conditions des alinéas II et III. Ces masses créent dans l'espace le potentiel newtonien

$$(4) \qquad V(x, y, z) = \iiint_D \frac{\mu(M')}{r'} d\tau',$$

où r' désigne la distance MM' entre le point $M(x, y, z)$ et le point courant $M'(x', y', z')$, et l'on a posé : $d\tau' = dx'\,dy'\,dz'$. On a alors le résultat suivant :

Les dérivées $(\partial^2 V/\partial x^2)$, $(\partial^2 V/\partial y^2)$ *et* $(\partial^2 V/\partial z^2)$ *du potentiel* (4) *existent en chaque point* M *intérieur à* D *et y possèdent un module de continuité du type*

$$(5)\qquad \left| \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}\right)_M - \left(\frac{\partial^2 V}{\partial x^2}\right)_{M_1} \right| \leqq C\,\varphi(r),$$

où C *désigne une constante ne dépendant que de* D *et où* $\varphi(r)$ *est le module de continuité défini par* (3') *et où* M_1 *est un point quelconque intérieur à* D.

V. Prenons, en particulier, $f(z) = K/r^\alpha$, K désignant une constante positive et α un nombre tel que $0 < \alpha < 1$. (Cas de la densité continue au sens de Hölder.) La fonction $\varphi(r)$ correspondante est alors de la forme K_1/r^α, K_1 désignant une nouvelle constante ([4]).

L'inégalité (5) se réduit alors au théorème bien connu de Liapounoff.

Si, maintenant, on prend $f(r) = [K/|\log(1/r)|^n]$, (n désignant un nombre supérieur à 1), le module $\varphi(r)$ correspondant, défini par (3'), sera de la forme $K_1/|\log(1/r)|^{n-1}$ ([5]); on obtient ainsi une extension des théorèmes de Liapounoff au cas de la continuité logarithmique.

VI. Envisageons maintenant le cas d'une répartition superficielle des masses attirantes. Étalons donc sur la frontière S de D (cf. l'alinéa II) une couche simple de densité $\mu(M)$ (cf. les alinéas II et III), et soit le potentiel de simple couche

$$(6)\qquad V(x, y, z) = \iint_S \frac{\mu(M')}{r'}\,d\sigma'$$

créé par ces masses dans D (ou à l'intérieur de D). On a alors le résultat suivant :

Les dérivées premières du potentiel (6) *sont continues dans* D *ou à l'intérieur de* D ; *elles possèdent le module de continuité du type* $C\,\varphi(r)$.

En particularisant le module de continuité $f(r)$ de $\mu(M)$ et de S, on retrouve les théorèmes de Liapounoff ou leurs extensions au cas de la continuité logarithmique.

([4]) C'est en cela que consiste le résultat bien connu de Fatou et de M. Priwaloff. Voir le travail de M. PRIWALOFF, *Bulletin de la Société mathématique de France*, 44, 1916, p. 100-103.

([5]) Voir à ce sujet ma *Thèse*, *loc. cit.*, ([3]), pp. 65-69.

VII. Des extensions analogues des résultats de Liapounoff valent pour la dérivée normale du potentiel de double couche, créé par des masses attirantes répandues sur S.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Problème des sillages. Validité des solutions.* Note de M. **Adalbert Oudart**, présentée par M. Henri Villat.

I. *Condition de non-recoupement des lignes libres.* — Nous avons énoncé ([1]) le théorème suivant : *L'obstacle étant tranchant et le canal monotone divergent par rapport à la vitesse à l'infini amont, le sillage est monotone divergent et la condition de non-regoupement des lignes libres est satisfaite.*

1° Ce théorème est toujours exact lorsque Φ satisfait à la condition

$$\text{(R)} \qquad \int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon = 0,$$

ce qui est le cas des parois planes ([2]), des obstacle et canal ayant un axe de symétrie commun ([3]) etc.

La démonstration de ce théorème est basée sur la condition

$$\text{(F)} \qquad J = \int_0^\pi \frac{\wp\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right) - \wp\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_0\right)}{e_3 - \wp\left(\frac{\omega_1}{\pi}\varepsilon\right)} \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon > kE = k\int_0^\pi \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon$$

et

$$k = \frac{\wp\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_0\right) - e_3}{e_1 - e_3}\,\frac{\wp\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_1\right) - e_3}{e_2 - e_3} - 1.$$

2° Il est facile, à partir des formules de M. Villat ([4]), de construire des schémas de Helmholtz, *non* soumis à la condition restrictive (R) et auxquels le théorème précité reste applicable, et qui satisfont à (F).

Il suffit de partir d'un obstacle et d'un canal soumis à la condition (R) et pour lesquels on connaisse $\Phi(\varepsilon)$, $\Psi(\varepsilon)$, s_0, s_1, ω_1 et ω_3 ([5]); de considérer

---

([1]) *Comptes rendus*, **208**, 1939, p. 721 (à consulter pour les notations).

([2]) Julien Kravtchenko, *Thèse* (*Journal de Math.*, 9e série, **20**, 1941, p. 61).

([3]) Henri Villat, *Journal de Mathématiques*, 6e série, **10**, 1914, p. 231, 2e partie.

([4]) Collection *Scientia*, n° **38**. *Aperçus théoriques sur la résistance des fluides*. Paris, 1920, p. 67.

([5]) Remarquer que ω_1 et ω_3 sont implicitement connus, si l'on connaît s_0, s_1 et q.

une fonction $\lambda(\varepsilon)$, telle que $\lambda(s_1)=0$, $2|\lambda(\varepsilon)|<|\Phi(\varepsilon)|$, $2k|\lambda|_{\max}<|\Phi|_{\min}$ et $[\Psi(\varepsilon)+\lambda(\varepsilon)]\Psi(\varepsilon)\geqq 0$; et de construire le schéma à partir des nouvelles fonctions

$$\Phi_1(\varepsilon)=\Phi(\varepsilon)+\lambda(\varepsilon) \quad \text{et} \quad \Psi_1(\varepsilon)=\Psi(\varepsilon)+\lambda(\varepsilon);$$

ce schéma satisfait encore au théorème, mais sans la restriction (R).

II. *Courbure des lignes libres.* — Il s'agit de quelques propriétés intrinsèques. Le nombre des inflexions des lignes libres dans le cas d'un obstacle tranchant et d'un canal ayant un axe de symétrie commun est :

1° 2 au maximum pour un obstacle en accolade généralisée ([6]) ou formé de deux coquilles convexes ou concaves et un canal divergent à parois une seule fois infléchies;

2° 0 pour un obstacle formé de deux coquilles concaves vers le fluide vif et un divergent à parois une seule fois infléchies, la pente de l'obstacle étant plus forte que la pente du canal. Les lignes libres sont alors convexes vers le fluide vif;

3° 1 en général pour un obstacle formé de deux coquilles concaves vers le fluide vif et un convergent à parois une seule fois infléchies, la pente de l'obstacle étant plus forte que la pente du canal.

De plus, dans le cas 3° (et également dans le cas dissymétrique pour un canal quelconque à direction asymptotique unique en aval), le sillage et le canal sont, en aval à l'infini, tous deux convergents (ou divergents) en même temps en général, de sorte que dans le cas 3°, le sillage est en général concave avec le fluide vif à l'infini aval ([7]).

III. La condition $V\leqq 1$ peut, comme on sait, s'écrire $T(s)\leqq 0$ avec $V=e^{T(s)}$.

1° Cette condition suffisante de validité totale a donné lieu au théorème I de ma Note précédente. Comme corollaire, on a la condition suivante :

Pour satisfaire à $V\leqq 1$, il faut que la tangente à l'obstacle aux points de détachement, orientée dans le sens de l'écoulement, fasse, avec l'asymptote en aval à la paroi voisine, un angle positif (point haut), ou négatif (point bas). De plus, les asymptotes ne doivent pas recouper l'obstacle.

Ceci exige les inégalités nécessaires $\Phi(0)<\Psi(0)$ et $\Psi(\pi)<\Phi(\pi)$.

([6]) J'appelle ainsi une accolade qui, à l'inverse de celle de M. Leroy, n'exige aucune condition spéciale de courbure (*Comm. Math. Helvetici*, 8, 1936, p. 201).

([7]) Henri Villat, *Journal de Mathématiques*, 6e série, 10, 1914, p. 234.

2° La condition $T(s) \leqq 0$ conduit à satisfaire aux inégalités

$$\pi T_1(s) = \quad I_1(s) + I_2(s) - I_6(s) \leqq 0, \qquad \text{sur l'obstacle,}$$
$$\pi T_q(s) = - I_4(s) - I_5(s) + I_3(s) \gtreqless 0, \qquad \text{le long du canal}$$

avec

$$I_1(s) = \sin s \int_0^{\pi} \frac{\Phi(\varepsilon) - \Phi(s)}{\cos\varepsilon - \cos s}\, d\varepsilon, \qquad I_4(s) = \sin s \int_0^{\pi} \frac{\Psi(\varepsilon) - \Psi(s)}{\cos\varepsilon - \cos s}\, d\varepsilon,$$

$$I_2(s) = 4 \int_0^{\pi} \Phi(\varepsilon)\, I(s, \varepsilon)\, d\varepsilon, \qquad I_6(s) = 4 \int_0^{\pi} \Psi(\varepsilon)\, I(s, \varepsilon)\, d\varepsilon,$$

$$I_3(s) = 4 \int_0^{\pi} \Phi(\varepsilon)\, J(s, \varepsilon)\, d\varepsilon \qquad \text{et} \qquad I_5(s) = 4 \int_0^{\pi} \Psi(\varepsilon)\, J(s, \varepsilon)\, d\varepsilon,$$

où

$$I(s, \varepsilon) = \sum_1^{\infty} \frac{q^{2r}}{1 - q^{2r}} \sin rs \cos r\varepsilon \qquad \text{et} \qquad J(s, \varepsilon) = \sum_1^{\infty} \frac{q^{r}}{1 - q^{2r}} \sin rs \cos r\varepsilon.$$

Ces recherches appliquent le lemme de M. Leray, la fonction $I(s, \varepsilon)$ étant [8] décroissante par rapport à s, sous la condition $q < \sqrt{2 - \sqrt{3}} = 0,517$, et $J(s, \varepsilon)$ étant décroissante par rapport à s sans limitation de q.

3° Dans le cas du canal monotone convergent et de l'obstacle tranchant satisfaisant aux conditions

$$\int_0^{\pi} \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon = \int_0^{\pi} \Psi(\varepsilon)\, d\varepsilon = 0, \qquad q < 0,517 \qquad \text{et} \qquad I_1(s) < 0,$$

les vitesses sont toujours acceptables sur l'obstacle. Comme cas particulier, nous obtenons une généralisation d'un théorème de Boggio.

4° La condition $I_1(s) < 0$ est, rappelons-le, satisfaite pour les fonctions de M. Villat [9] avec $\int_0^{\pi} \Phi(\varepsilon)\, d\varepsilon$.

En ajoutant à $\Phi(\varepsilon)$ une constante additive on continue à satisfaire à $I_1(s) < 0$ avec $\int_0^{\pi} \Phi_1(\varepsilon)\, d\varepsilon \neq 0$, et sous certaines conditions pour la fonction $\Phi(\varepsilon)$ origine, on peut le faire sans que l'obstacle cesse d'être tranchant. (Le tracé de l'obstacle dépend de Φ et de Ψ.)

---

[8] JULIEN KRAVTCHENKO, *loc. cit.*, pp. 108 et 119. La fonction $I(s, \varepsilon)$ est identique à $(\pi/4)\varphi(s, \varepsilon)$.

[9] *Journal de Mathématiques*, **10**, 1914. p. 231. La fonction $I_1(s)$ est identique à la fonction $\tau(s)$ de M. Villat.

5° En majorant $-I_4(s)$ et minorant $-I_3(s)$ nous avons pu établir de nouvelles propriétés que le manque de place nous empêche de reproduire ici, et dont on trouvera le détail dans le Mémoire complet.

AÉRODYNAMIQUE. — *Sur la similitude des turbomachines à fluides compressibles.* Note de M. **Marcel Sédille**, présentée par M. Albert Caquot.

Dans les turbomachines à fluides incompressibles, les conditions de similitude conduisent à définir les coefficients caractéristiques sans dimensions de Rateau :

μ coefficient manométrique gH/u^2;
δ coefficient de débit Q/ur^2;
ρ rendement interne;
H est la hauteur en mètres de fluide engendrée par la turbomachine;
Q est son débit;
u la vitesse périphérique du rouet;
r le rayon du rouet.

On définit également le coefficient de puissance $\tau = g\mathfrak{T}/\varpi u^3 r^2$, $\mathfrak{T}$ étant la puissance absorbée et ϖ le poids spécifique du fluide. On a naturellement $\tau = \mu\delta/\rho$ pour les machines génératrices, et $\tau = \mu\delta\rho$ pour les machines réceptrices.

Les conditions de similitude permettent de ramener à un graphique unique donnant les deux fonctions $\mu = f(\delta)$ et $\rho = f(\delta)$, les diverses conditions de fonctionnement d'une machine donnée et de toutes les machines semblables à toutes les vitesses et pour tous les fluides incompressibles, pourvu que l'on n'opère pas à des vitesses trop variables ou que l'on ne compare pas des machines de dimensions trop différentes, ce qui introduirait de légères variations dues aux variations du nombre de Reynolds et de la rugosité relative. Il s'agit du rendement interne ou hydraulique, pertes mécaniques externes déduites. Les conditions de similitude de Rateau sont la traduction des conditions de similitude géométriques et mécaniques des champs d'écoulement dans les machines.

On peut écrire en général, entre coefficients sans dimensions, les relations fonctionnelles

$$\mu, \rho = f\left(\delta, \mathrm{Re}, \frac{h}{r}\right),$$

Re désignant le nombre de Reynolds de l'appareil rapporté à une vitesse et une dimension de référence, et h/r représentant la rugosité relative, h étant par exemple une dimension moyenne des aspérités de la paroi.

Les conditions de similitude ci-dessus supposent également, soit que la pesanteur n'intervient pas, soit que son influence est négligeable, c'est-à-dire que les dimensions de la machine sont négligeables devant la hauteur engendrée. Dans le cas contraire, il faudrait faire intervenir la loi de similitude de Froude; la vitesse des machines semblables devrait être dans un rapport tel que $u/\sqrt{gr}$ soit constant. On aurait ainsi, en désignant par $\mathcal{F}$ ce nombre sans dimensions, les relations fonctionnelles générales

$$\mu,\ \delta = f\left(\delta,\ \mathrm{Re},\ \frac{h}{r},\ \mathcal{F}\right).$$

Pour les fluides compressibles, une nouvelle variable, la compressibilité, complique ces relations, et les conditions de similitude font apparaître un nouveau nombre sans dimensions, analogue au nombre de Sarrau, Mach ou Bairstow, rapport de la vitesse u à la vitesse du son en un point quelconque du champ d'écoulement. Il est commode de choisir la vitesse du son a_0 dans les conditions de l'aspiration. Dans le cas des fluides compressibles, on ne se sert plus du débit-volume Q, mais du débit-poids I. Il est alors commode de modifier la forme du coefficient de débit et de lui donner la forme toujours sans dimensions $I/a_0 r^2 \varpi_0$, ϖ_0 étant le poids spécifique du fluide à l'aspiration. De même, il est commode de remplacer la hauteur engendrée H par le rapport de compression fourni P_1/P_0. En négligeant l'influence du nombre de Reynolds et de la rugosité relative, on a alors

$$\frac{P_1}{P_0},\ \rho = f\left(\frac{u}{a_0},\ \frac{I}{a_0 r^2 \varpi_0}\right).$$

Bien entendu, on peut donner à ces coefficients toute forme sans dimensions, et en particulier, utiliser le coefficient de débit spécifique $I/ur^2\varpi_0$ indiqué par M. Maurice Roy (1). Les relations fonctionnelles définies ci-dessus peuvent être représentées sur un graphique en portant $I/a_0 r^2 \varpi_0$ en abscisse, P_1/P_0 en ordonnée et u/a_0 en valeurs paramétriques. Les courbes d'égal rendement ont alors des formes elliptiques, les variations du rendement pour différentes valeurs de la vitesse périphérique u traduisant l'influence des différences d'adaptation dues à la compressibilité et aux phénomènes soniques quand ceux-ci apparaissent. Les courbes d'égal rapport des poids spécifiques ϖ_1/ϖ_0 et d'égal rapport

(1) Discussion du Mémoire de M. Salez, *Notes sur les compresseurs d'aviation centrifuges* (*Bulletin de l'A. T. M. A.*, n° 43, 1939, p. 431).

des températures T_1/T_0 peuvent également être reportées sur le même graphique.

Le rendement dont il s'agit est le rapport de l'énergie mécanique fournie au fluide à l'énergie mécanique absorbée sur l'arbre. L'énergie mécanique fournie au fluide par kilogramme est donnée par l'intégrale $\int v\,dp$ (v désignant le volume spécifique) prise le long de la courbe (ρ, v) représentant l'évolution du fluide dans la machine, et éventuellement en y ajoutant la différence $(v_1^2 - v_0^2)/2g$ des énergies cinétiques à la sortie et à l'entrée, et en intégrant à tous les filets si ceux-ci suivent, sur le diagramme (p, v) ou le diagramme entropique, des chemins différents. Le rendement polytropique, défini en supposant que l'évolution réelle du fluide se rapproche d'une polytrope joignant les états initial et final, se rapproche le plus du rendement interne de l'appareil. On pourrait porter sur le graphique ci-dessus le rendement adiabatique, coefficient sans dimensions.

Une telle représentation indépendante des conditions d'aspiration est valable pour tous les appareils semblables. Elle est indépendante également de la nature du fluide, sous réserve que le nombre atomique soit le même. Dans le cas contraire, il faudrait introduire comme nouvelle variable le rapport γ des chaleurs spécifiques. Il faut aussi noter que cette représentation n'est valable que pour des appareils ne comportant aucun échange calorifique extérieur. Dans le cas contraire, il faudrait faire intervenir, sous forme non dimensionnelle, les différentes variables pouvant influer sur les échanges, par exemple, pour un compresseur à réfrigération intermédiaire ou interne, le rapport des différents débits de fluide réfrigérant au débit-poids du fluide à comprimer, le rapport des températures d'entrée de ces fluides à la température d'aspiration du compresseur, et les nombres de Stanton ou de Prandlt des différents fluides (sous réserve que la conductibilité du métal des parois soit telle que la résistance due à leur épaisseur soit négligeable).

Dans le cas des compresseurs d'aviation où le changement de la nature du fluide n'est pas en cause, il est inutile de traîner dans les coefficients ci-dessus les constantes qui dépendent de sa nature. La seule influence des variations des conditions d'aspiration peut alors se résumer en disant que des régimes semblables sont obtenus lorsque le débit-poids aspiré varie comme $P_0/\sqrt{T_0}$, et que la vitesse de rotation varie comme $\sqrt{T_0}$. Dans ces conditions, le rapport de compression et le rendement sont inchangés et

la puissance varie comme $P_0/\sqrt{T_0}$, similitude restreinte employée par Rateau dès 1923.

Toutes ces conditions de similitude sont des cas particuliers des théorèmes généraux de similitude, et en particulier du théorème de Vaschy.

MOTEURS A EXPLOSION. — *Sur l'emploi de l'alcool éthylique dans les moteurs à injection directe avec allumage commandé.* Note de M. **René Retel**, présentée par M. Albert Caquot.

Au cours d'essais sur moteurs destinés à déterminer les possibilités d'emploi des différents carburants de remplacement, j'ai été amené à utiliser l'alcool éthylique hydraté.

Cet alcool, d'une densité de 0,816, titrait 75°. Il était injecté directement dans le cylindre du moteur d'essai à l'aide d'un dispositif spécialement construit.

Le moteur utilisé était un monocylindre à 4 temps, d'une cylindrée de $2^l,645$, dont le rapport volumétrique pouvait être modifié à volonté entre 6 et 8.

Au cours des essais, on mesurait au maximètre les pressions maxima de combustion, et l'on notait les pressions marquées par l'appareil lorsque les combustions prenaient une allure détonante.

Les essais de base effectués au carburateur avec de l'essence, densité 0,750, pouvoir calorifique 10700 calories au kilogramme, ont permis d'obtenir, à la vitesse de 2000 t : m. et pour un rapport volumétrique de 6, une puissance de 46,6 CV. Pour ce régime la pression de combustion était de 38,5 kg/cm². Les pressions de détonation enregistrées dépassaient 80^{kg} et caractérisaient un moteur à limite de fonctionnement normal.

Alimenté à l'alcool injecté, le même moteur, sans aucune modification, a donné pour la même vitesse de fonctionnement et un rapport volumétrique de 8, une puissance de 60,3 CV. La pression moyenne de combustion était de 43^{kg}; il n'y avait pas de détonation.

La pression moyenne, qui était de 7,93 kg/cm² dans le premier cas, a atteint 10,30 kg/cm² dans le second, soit une augmentation de 29,9 %.

Cette augmentation est due à l'emploi simultané de l'alcool éthylique et de l'injection directe.

Les mesures faites en faisant varier les rapports volumétriques et en utilisant des combustibles différents, montrent que cette augmentation provient principalement :

1° De l'augmentation de remplissage du moteur par suite d'un refroidissement plus énergique de l'air admis.	
La masse de combustible utilisé est en effet plus importante dans le cas de l'alcool que dans celui de l'essence. De plus, la chaleur latente de vaporisation est plus élevée.	
Pour ces deux raisons, le poids d'air de la cylindrée augmente d'environ	5 p. 100
2° De l'énergie calorifique comparativement plus élevée que fournit l'alcool pour un même poids d'air utilisé.	
Dans le cas de l'alcool éthylique pur, ce supplément d'énergie est de...	6,6 p. 100
Ce chiffre a été obtenu en prenant 100° comme température inférieure d'évolution des gaz du cycle et 6720 cal. au kg. comme pouvoir calorifique de l'alcool à cette température.	
3° De la régularité d'alimentation plus grande donnée par l'injection. Il en résulte une meilleure utilisation de l'air de chaque cylindrée, d'où une augmentation de puissance de l'ordre de	5 p. 100
4° De l'accroissement de rendement thermodynamique résultant de l'augmentation du rapport volumétrique de 6 à 8, soit un gain de...	11,5 p. 100

La puissance se trouve donc finalement augmentée dans le rapport de 1 à $(1,05 \times 1,066 \times 1,05 \times 1,115) = 1,31$,

soit un gain de 31 p. 100.

Il est important de remarquer que, malgré l'augmentation très grande de la pression moyenne, les pressions maxima n'augmentent que de 11 %, passant de 38,5 à 43^{kg}. Ce fait est lié à la rapidité de la propagation de la flamme dans le cylindre. Il montre que le procédé de l'injection directe avec allumage commandé, tout en permettant des rapports volumétriques élevés, conserve des combustions progressives évitant les montées en pression dangereuses auxquelles conduit l'auto-inflammation du combustible dans les moteurs du cycle Diesel.

Les essais précédents, effectués de décembre 1940 à février 1941, ont été repris sur un moteur à 4 cylindres de 85^{mm} d'alésage, 105^{mm} de course, alimenté suivant le même principe; ils ont donné des résultats du même ordre.

Le dispositif d'injection ayant été établi de manière à maintenir la proportionnalité de la quantité de combustible injecté au poids de l'air admis aux différents régimes de marche, le moteur à pu servir à l'équipement d'une voiture automobile.

Les résultats des essais effectués avec cette voiture confirment entièrement les résultats trouvés au banc.

L'augmentation de puissance résultant de l'emploi de l'alcool injecté atteint pratiquement 20 % de la puissance obtenue avec le carburateur et l'essence.

L'essence injectée procure une augmentation de 10 %.

L'économie d'énergie réalisée est de l'ordre de 15 % dans les deux cas.

Ces résultats sont de nature :

1° à orienter l'industrie automobile dans la voie de la construction de moteurs à injection directe avec allumage commandé;

2° à développer l'utilisation de l'alcool dans les moteurs, l'alcool étant un carburant de haute qualité.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur le temps d'inhibition au début de la décomposition des austénites*. Note (1) de MM. **Henri Jolivet** et **Albert Portevin**, présentée par M. Léon Guillet.

La décomposition des austénites s'effectue, dans les domaines supérieur et intermédiaire (Ar′ et Ar″), par un processus de germination et croissance.

La transformation isotherme n'est mise en évidence qu'après un temps variable T ou *temps d'inhibition*.

Durant cette période, les méthodes usuelles d'analyse ne révèlent aucune modification de l'austénite.

Par la suite, la vitesse de transformation, d'abord nulle, croît progressivement. Les courbes chronographiques ne mettent en évidence aucune discontinuité : les apparences de discontinuité sont dues à la rapidité de variation de la vitesse de transformation et aux conditions d'enregistrement.

Le temps d'inhibition n'est pas susceptible d'une détermination graphique précise sur les courbes chronographiques. On conviendra de le représenter conventionnellement par l'abscisse correspondant au 1/100e de l'amplitude totale de transformation :

Les résultats reproduits se réfèrent à un acier de composition centésimale C 0,65; Mn 1,5; Mo 0,5, choisi à titre d'exemple.

Pour des conditions définies de décomposition isotherme dans le domaine Ar′ :

---

(1) Séance du 10 novembre 1941.

1° Le temps d'inhibition T varie avec la température t_1 du maintien isotherme et passe par un minimum m, qui se produit à une température un peu inférieure à celle du maximum de vitesse de décomposition (*fig.* 1).

2° Il croît avec la température de préchauffage t_0 (*fig.* 2). La température

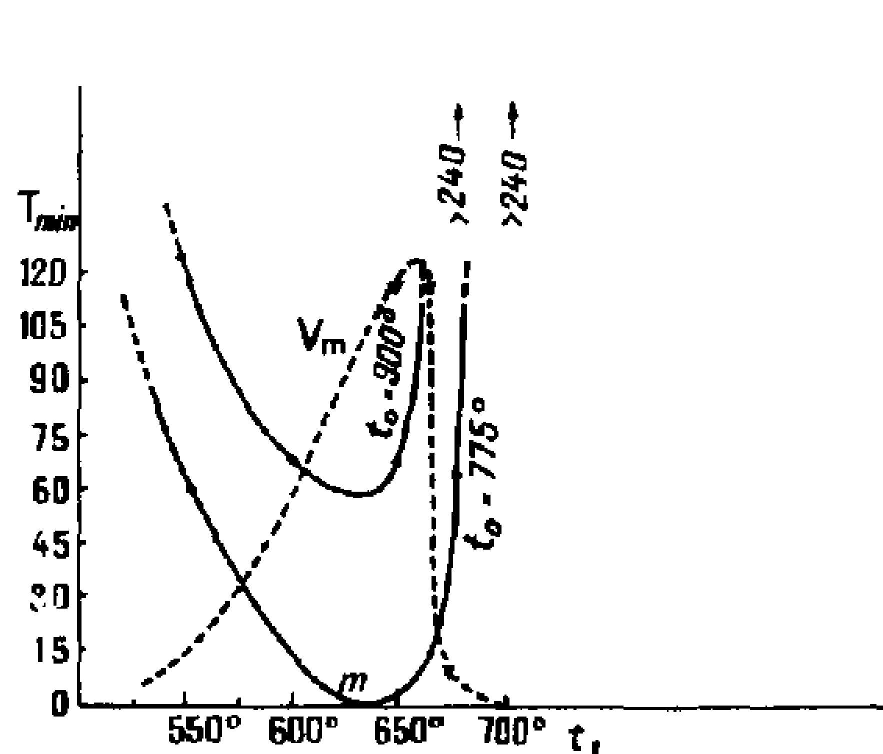


Fig. 1.

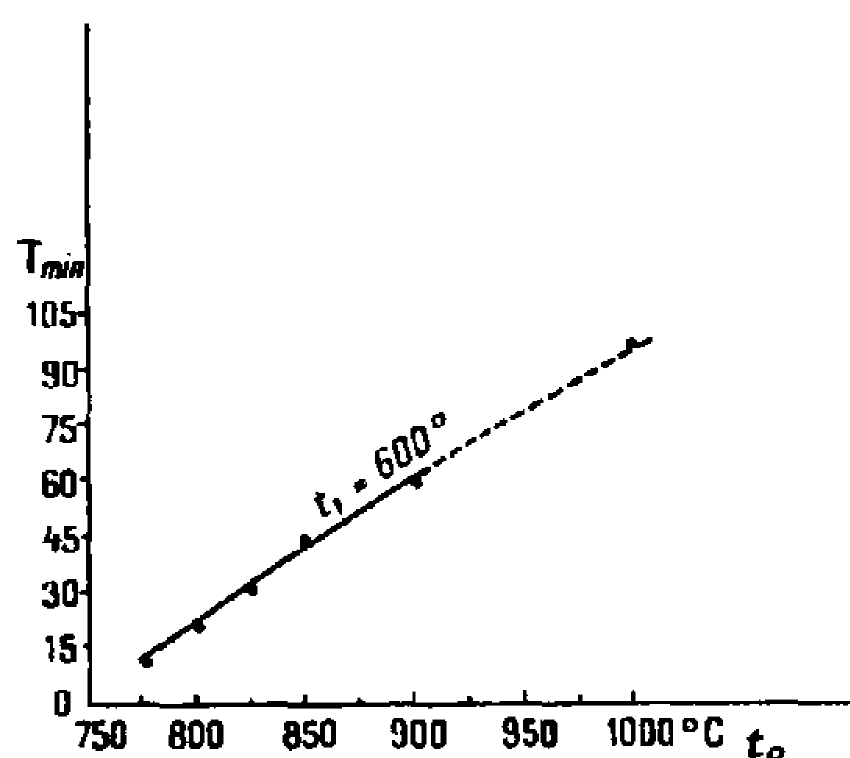


Fig. 2.

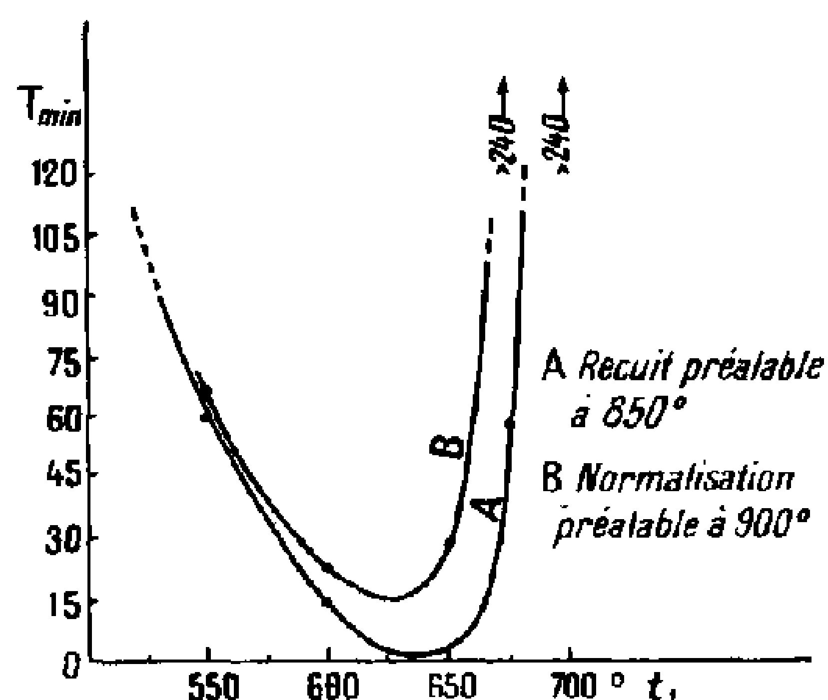


Fig. 3.

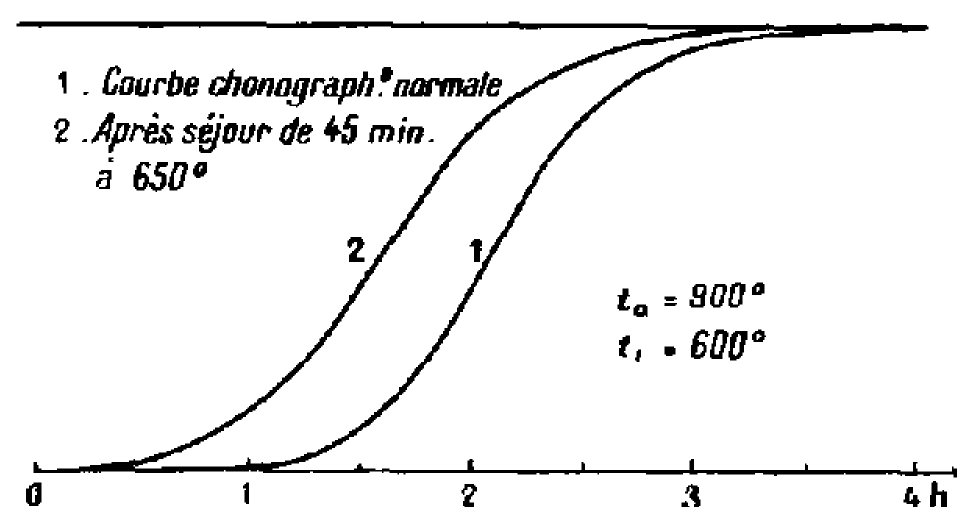


Fig. 4.

ture t_1 du minimum m est la même pour les différentes valeurs de t_0 (*fig.* 1).

3° Pour des maintiens de courte durée à la température t_0, il est influencé par l'état initial (traitement précédant le préchauffage) (*fig.* 3).

4° Il est réduit par un maintien préalable dans la zone d'inhibition (*fig.* 4). Cette réduction est fonction de la durée relative du séjour préalable rapportée au temps total d'inhibition à la température où il s'effectue.

Le fractionnement du temps d'inhibition présente donc un caractère additif (²).

(²) Ceci constitue une vérification expérimentale de l'hypothèse faite par Scheil (*Archiv für Eisenhütte*, 8, 1934-35, p. 565).

La cinétique de transformation ultérieure se trouve modifiée par ce fractionnement.

5° Il est supprimé par tout début de transformation, même lorsque celui-ci a été réalisé dans des conditions où le temps d'inhibition est nul.

Durant cette période initiale, on a supposé, soit que l'austénite ne subissait aucune modification (période d'inertie), soit qu'elle se modifiait avant le développement du processus de transformation normal (période d'incubation), soit qu'elle suivait ce processus dès l'origine (début de transformation).

Le temps d'inhibition est affecté spécialement par les facteurs qui modifient les conditions de germination. Il correspond vraisemblablement à la durée d'apparition de germes *isolés* du constituant qui est à l'origine de la transformation (cémentite pour Ar').

A partir de ces premiers centres, la transformation progresse (dans sa phase normale) par croissance et germination des deux constituants (cémentite et ferrite) en même temps que de nouveaux germes isolés continuent à prendre naissance et créeront de nouveaux centres.

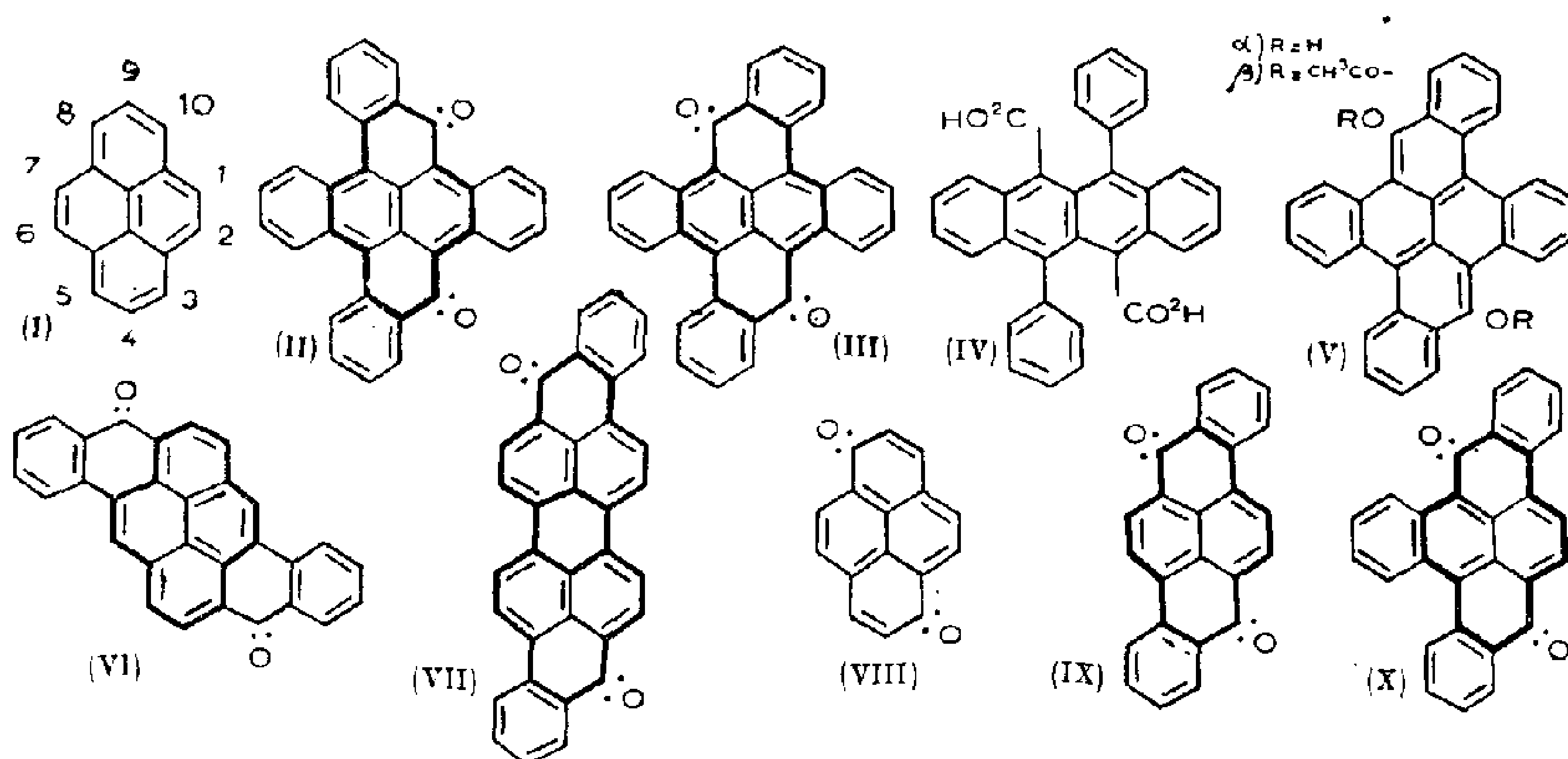
CHIMIE ORGANIQUE. — *L'ixone, quinone tétrabenzopyrénique.* Note [1] de MM. **Charles Dufraisse** et **Maurice Loury**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le pyrène (I) est l'un des noyaux fondamentaux, après le benzène, de la série aromatique. Au même titre que le benzène, il est le premier terme d'une famille de dérivés, comprenant en particulier les benzologues. Toutefois l'étude en est bien moins avancée que celle du benzène et de ses benzodérivés, naphtalène ou anthracène par exemple. Cela tient surtout à la difficulté de se procurer le matériel pyrénique. Ainsi l'on ne connaît encore que cinq des benzopyrènequinones, dont le nombre théorique s'élève déjà à 20 en se limitant aux seules positions 3, 5, 8 et 10 pour les carbonyles, et aux côtés du noyau pyrénique pour les benzos. Il est bien certain, cependant, que la série pyrénique ne doit pas le céder en intérêt à la série benzénique, comme on peut en juger déjà, du point de vue industriel, par divers colorants, et, du point de vue biologique, par les propriétés carcinogènes de certains benzopyrènes.

---

(1) Séance du 10 novembre 1941.

I. La théorie prévoit deux tétrabenzopyrènequinones (II) et (III). Nous avons obtenu l'une d'elles, la tétrabenzo-1.2.4.5.6.7.9.10-pyrènequinone-3.8 (III) ($C^{32}H^{16}O^{2}$) par une extension à nos études sur les naphtacènes. Elle se forme par cyclisation sulfurique de l'acide diphényl-10.12-naphtacènedicarboxylique-9.11 (IV), pris sous la forme de son ester éthylique ([2]). On l'obtient en cristaux noirs, à reflets mordorés, fondant instantanément à 393-394°. Les solubilités sont très faibles; à 20°, elles atteignent, dans le benzène et le chloroforme, les valeurs respectives de $0^{g},0625$ et $0^{g},162$ par litre.



Le corps présente le dimorphisme : il se dépose normalement en petits cristaux d'apparence cubique, alors que, dans les premiers temps de l'étude, nous l'avions obtenu en longues aiguilles notablement plus solubles; mais, ainsi qu'il arrive souvent en pareil cas ([3]), dès que les cristaux de la forme cubique stable ont eu fait leur apparition, les aiguilles n'ont plus réapparu, de sorte que nous n'avons pu en déterminer les constantes.

Le mode de formation fixe la constitution. Il est du même genre que ceux qui ont servi à préparer d'autres pyrènequinones, en particulier un isomère du benzologue inférieur de notre produit, l'*homéocœrdianthrône* de Schöll et Meyer ([4]), qui est une tribenzopyrènequinone.

La nomenclature de Scholl et Meyer en cœrdianthrone ne pouvant pas

---

([2]) Ch. Dufraisse et M. Loury, *Comptes rendus*, **199**, 1934, p. 957.

([3]) Voir entre autres Ch. Dufraisse et A. Gillet, *An. Chimie*, 10e série, **11**, 1929, p. 5.

([4]) *Lieb. An.*, **512**, 1934, p. 112.

être étendue, nous proposons pour la tétrabenzo-1.2.4.5.6.7.9.10-pyrène-quinone-3.8 (III) le nom de *ixone*, qui rappelle la forme en x du squelette de la molécule vue dans un sens oblique. Par suite l'hydrocarbure de même squelette, encore inconnu, s'appellera *ixène*.

Malgré leur apparence noire, les cristaux ont en réalité une couleur verte, extrêmement foncée, mais qui n'est visible par transparence que pour des lamelles ultraminces; même microscopiques, les cristaux ordinaires sont noirs, opaques. Les solutions, quoique fort diluées, ont une teinte verte intense. Le spectre d'absorption présente des bandes dont les sommets se trouvent respectivement, pour le visible, à 4600, 6350 et 6960 Å, cette dernière particulièrement intense, et, pour l'ultraviolet, à 3070, 2700 Å, avec une troisième bande plus lointaine encore et non repérée.

L'ixone est un colorant de cuve. Traitée par l'hydrosulfite alcalin, elle forme une cuve rouge orangé, donnant sur coton et rayonne une belle teinture verte, solide au débouillissage et au chlore, passablement solide à la lumière. La cuve est formée par l'ixène-hydroquinone (Vα), ($C^{32}H^{18}O^2$), cristaux jaunes très oxydables. Son ester diacétique, (Vβ), ($C^{36}H^{22}O^4$), est en cristaux jaunes, fondant instantanément à 256-257°. Les solutions de cet ester, jaunes également, sont fluorescentes et s'oxydent lentement en verdissant.

II. L'ixone est remarquable par la profondeur de sa teinte, le vert. Si on la compare à d'autres quinones pyréniques de complexité semblable en accolements de cycles, on est étonné des différences de couleur. Ainsi la pyranthrone (VI), qui groupe le même nombre de cycles autour du même noyau pyrénique, n'est qu'orangée; la teinte n'est encore que violette chez l'isoviolanthrone (VII), qui pourtant contient deux noyaux pyréniques emboîtés sur un hexagone commun, et qui porte, en outre, un cycle supplémentaire (neuf, au lieu de huit dans la pyranthrone et l'ixone). Pour atteindre le vert, teinte exceptionnelle chez les colorants non azotés, l'ixone doit contenir un ensemble puissamment chromophorique, que l'on ne voit pas immédiatement ressortir de sa constitution. Il faut mettre hors de cause, tout d'abord, une activité spéciale de l'enchaînement pyrénique, car on la retrouverait dans tous les colorants pyréniques, comme la pyranthrone (VI), et surtout l'isoviolanthrone (VII). La cause de l'approfondissement de la coloration n'est pas à rechercher, non plus, dans un mode plus étroit d'enchevêtrement des cycles. Au contraire, les quatre benzos de l'ixone sont unis au noyau par l'annellation la plus simple, comme dans la série des benzologues du benzène. Or, dans cette série, on observe deux sortes d'effets, suivant que l'on considère les quinones ou les hydro-

carbures : l'accolement d'un benzo exerce des effets plutôt hypsochromes chez les premières, et, au contraire, fortement bathochromes chez les seconds. Si l'on revient alors à la série des pyrènequinones, on note que l'effet produit par l'adjonction de benzos n'est pas le même suivant les positions. En 3.4 (ou 4.5) et 8.9 (ou 9.10) les benzos ont peu d'action : la pyrènequinone-3.8 simple (VIII), par exemple, et son dibenzodérivé en 4.5.9.10 (IX), ont à peu près la même teinte jaune (5). Mais en positions 1.2 (ou 6.7) (X), le benzo doit être beaucoup plus actif, si l'on en juge par la série des pyrènequinones-3.10, où la coloration passe du rouge, pour les dibenzo (5), au violet pour le tribenzo (4); on conçoit alors que l'addition simultanée à la structure IX de deux benzos en 1.2.6.7, d'où résulte l'ixone (III), puisse approfondir la couleur au point de l'amener jusqu'au vert. En somme, l'important pour l'effet bathochrome est l'annellation linéaire, strictement aromatique, c'est-à-dire sans fonction quinone sur la ligne des cycles, et, si l'ixone a une teinte aussi profonde, c'est moins comme pyrène que comme tétracène linéaire, en résonance avec une fonction pyrènequinonique, restée extérieure au chromophore naphtacénique.

Telle est sans doute la raison qui fait de l'ixone le colorant de cuve non azoté le plus simple connu, pour une couleur aussi profonde que le vert.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Le doublet interdit* $^4S - {}^2D$ *de l'atome neutre d'azote dans le spectre de certaines aurores visibles à de basses latitudes.* Note (1) de MM. **Jean Dufay** et **Tcheng Mao-Lin**, transmise par M. Charles Fabry.

La connaissance des potentiels d'excitation des niveaux métastables ^2P et ^2D de l'atome neutre d'azote, situés immédiatement au-dessus du niveau normal ^4S, permet de prévoir l'émission de trois groupes de raies interdites. Nous rappelons ci-dessous leurs longueurs d'onde approximatives et les probabilités de transition correspondantes, calculées par Posternack (2) :

$^2D - {}^2P$	10 398 Å	0,507 sec^{-1}
$^4S - {}^2P$	3 466,5	0,0125
$^4S - {}^2D$	{ 5 197,8 / 5 200,1	0,000053

(5) H. Vollmann, H. Becker, M. Corell et H. Streeck, *Lieb. Ann.*, 531, 1937, p. 1.

(1) Séance du 20 octobre 1941.

(2) *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 51, 1939, p. 160.

Les raies infrarouges se trouvent dans une région spectrale encore mal connue. Le doublet ultraviolet (non résolu) a seul été excité par Kaplan dans la postluminescence de l'azote actif ([3]) et, bien qu'il ne figure pas dans les listes de radiations aurorales publiées par Vegard et ses collaborateurs, il a été observé par Bernard, à Tromsoë, dans le spectre d'aurores diffuses ([4]). Enfin, la présence du doublet $^4S - {}^2D$ dans le spectre de certaines aurores a été controversée ([5]).

Slipher et Sommer avaient cru le reconnaître dans la radiation 5206 Å, photographiée en 1928 dans le spectre d'une aurore de basse latitude ([6]); cette identification a été combattue par Vegard, puis par Bernard. Cependant Slipher retrouvait la même radiation en 1932 dans des circonstances analogues, et l'un de nous, acceptant l'opinion de Slipher et Sommer, proposait en outre d'attribuer à la transition $^4S - {}^2D$ la radiation 5194 Å photographiée par H. W. Babcock dans le spectre du ciel nocturne, radiation qui avait paru renforcée pendant une faible aurore. Mais les longueurs d'onde mesurées ne coïncidaient pas d'une manière satisfaisante avec celles des raies de l'azote et, se basant sur la longue durée de vie du niveau ^2D (plus de 5 heures), Nicolet concluait à l'*impossibilité complète* d'observer le doublet $^4S - {}^2D$ dans le spectre de l'atmosphère terrestre ([7]).

Pendant l'aurore du 1er mars 1941, nous avons photographié avec Gauzit une faible radiation au voisinage de 5200 Å ([8]). Mais, tandis que le cliché obtenu avec notre spectrographe le moins dispersif (800 Å par millimètre vers 5200 Å) nous donnait une longueur d'onde comprise entre 5198 et 5201 Å, le cliché fourni par un spectrographe plus dispersif (450 Å par millimètre), muni d'une fente large, nous donnait 5206 Å.

L'aurore de longue durée du 18 septembre 1941, que nous avons observée dans d'excellentes conditions à l'Observatoire de Haute-Provence (Saint-Michel, Basses-Alpes), nous apporte enfin un résultat décisif. La radiation 5200 Å, étroite et beaucoup plus forte que le 1er mars, a été enregistrée au cours de quatre poses distinctes : trois poses de

---

([3]) *Nature*, **141**, 1938, p. 1139.

([4]) *Nature*, **141**, 1938, p. 1140.

([5]) J. Dufay, *Annales d'Astrophysique*, **2**, 1939, p. 33 (voir dans cet article la bibliographie de la question).

([6]) On admettait alors la longueur d'onde moyenne erronée 5206 Å pour le doublet S — D.

([7]) M. Nicolet, *Ciel et Terre*, **55**, 1939, p. 257.

([8]) J. Dufay, J. Gauzit et Tcheng Mao-Lin, *Cahiers de Physique*, 1941, p. 1 à 59.

2 heures chacune faites avec le même petit spectrographe que le 1er mars, une pose de 7 heures 20 minutes, faite avec le grand spectrographe, muni cette fois d'une fente fine. Les longueurs d'onde mesurées sur les trois spectres les moins dispersés sont comprises entre 5198 et 5200 Å. Sur le spectre à plus grande échelle, nous obtenons 5199 Å, avec une incertitude qui atteint au plus 1 Å.

Ainsi la longueur d'onde de la radiation observée déjà plusieurs fois dans le spectre d'aurores de basse latitude coïncide au moins à 1 Å près avec la longueur d'onde moyenne du doublet $^4S - {}^2D$. Comme, d'autre part, son aspect diffère totalement de celui des bandes négatives de l'azote photographiées en même temps (3805, 3914, 4237, 4277, 4650 et 4708 Å), mais rappelle tout à fait celui de la raie 5577 Å de l'oxygène, la conclusion qu'il s'agit effectivement du doublet de l'azote s'impose.

On sait déjà que, dans la haute atmosphère, la plupart des molécules d'oxygène sont dissociées en atomes, mais on admet d'ordinaire que l'azote s'y rencontre uniquement à l'état moléculaire. L'observation de la raie 3466,5 Å a montré qu'il existait aussi parfois des atomes libres d'azote. L'observation du doublet 5199 Å prouve que, dans certaines circonstances au moins, les atomes d'azote peuvent être extrêmement abondants. Pour que le doublet apparaisse en effet, malgré la faible probabilité de la transition $^4S - {}^2D$, il faut qu'un *nombre énorme* d'atomes d'azote se trouvent rassemblés sur le niveau ^2D. On ne peut dire s'ils proviennent directement de la dissociation de molécules excitées ou s'ils résultent de l'excitation d'atomes normaux préexistants.

Pendant les aurores du 1er mars et du 18 septembre, les raies rouges $^3P - {}^1D$ de l'oxygène étaient beaucoup plus intenses que la raie verte $^1D - {}^1S$, ce qui exige aussi une accumulation d'atomes d'oxygène sur le niveau métastable de moindre énergie. Ces aurores rouges, visibles à de basses latitudes intéressant généralement des régions atmosphériques beaucoup plus élevées que les aurores courantes des régions septentrionales, les particularités de leur spectre doivent sans doute être rattachées à leur très haute altitude.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *La présence de* raies interdites *dans les spectres du ciel nocturne et de l'aurore et la constitution de l'atmosphère supérieure.* Note (1) de M. **Junior Gauzit**, transmise par M. Charles Fabry.

La présence de radiations interdites dans le spectre du ciel nocturne ou crépusculaire et dans l'aurore pose un problème sur lequel on n'a pas attiré suffisamment l'attention, celui des chocs subis par les atomes métastables.

Ainsi J. Cabannes et M. Garrigue (2) ont observé, pendant le crépuscule, l'émission particulièrement intense de la raie interdite 6300 Å de OI (transition $^1D \rightarrow {}^3P$) vers une altitude de 100^{km}. Or à cette altitude un atome subit environ 10^4 collisions par seconde, alors que la durée moyenne de vie de l'état métastable ^1D est 100 secondes. L'émission de la raie interdite dans de telles conditions est très surprenante et mérite une discussion. Il est impossible que des atomes échappent aux collisions : la théorie cinétique montre que le libre parcours n'est supérieur à 10 fois la valeur moyenne que pour une particule sur 22027. Par contre, il y a des chances pour que des atomes émettent la raie interdite avant la fin de leur vie moyenne : en effet la vie moyenne d'un état excité est, d'après la définition, le temps nécessaire pour que la moitié des atomes quittent spontanément cet état. Par un calcul analogue à celui qui intervient pour la radioactivité, on peut chercher la proportion d'atomes excités qui perdent spontanément leur excitation pendant un intervalle de temps *dt*. En prenant *dt* égal à l'intervalle moyen entre deux chocs dans l'atmosphère à 100^{km} d'altitude, on trouve que la proportion des atomes ^1D d'oxygène ayant eu le temps de rayonner avant de subir un choc est 7.10^{-7} environ, soit un nombre extrêmement faible. Si l'on considère maintenant, pour cette même altitude de 100^{km}, très voisine de la hauteur moyenne des aurores, le cas plus favorable de la raie verte aurorale 5577 Å (transition $^1S \rightarrow {}^1D$), dont l'état supérieur a une durée moyenne de vie de 0,5 seconde, on voit que 25^{at} à peine sur un million ont pu émettre la radiation avant un choc.

Une première conclusion s'impose : l'intensité des radiations interdites dans le ciel nocturne ou crépusculaire et dans l'aurore ne représente qu'une assez petite fraction de l'énergie absorbée pour l'excitation des niveaux métastables, la différence étant dissipée dans les chocs de seconde espèce.

---

(1) Séance du 3 novembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 484.

Il convient d'autre part d'examiner la nature des collisions. La probabilité pour qu'un atome perde son excitation par choc est grande si l'énergie disponible est voisine de l'énergie potentielle que peut acquérir la particule du choc; à cause de la complexité des molécules, qui possèdent un très grand nombre de niveaux énergétiques, la raison précédente explique pourquoi un atome métastable laisse fréquemment son excitation à la molécule qu'il rencontre. Ainsi la présence des molécules d'azote et d'oxygène, en quantités appréciables dans la région de l'atmosphère où sont excitées les raies interdites, réduirait leur intensité à une valeur très faible. Il faut donc que l'azote et l'oxygène soient complètement dissociés à l'état atomique au-dessus de 100^{km}, les molécules n'étant plus présentes qu'à l'état de traces ([3]). (L'existence de quantités minimes d'azote moléculaire, dont l'excitation est très facile, suffit pour expliquer le spectre de bandes de l'aurore.)

La dissociation partielle de l'oxygène dans l'atmosphère supérieure est admise par de nombreux auteurs; on l'attribue généralement à l'absorption, pendant le jour, de la lumière solaire de longueur d'onde inférieure à 1750 Å, au delà des bandes de Schumann-Runge. Quant à la dissociation de l'azote, elle est beaucoup plus surprenante. Pourtant l'existence d'azote atomique dans les hautes couches de l'atmosphère a été récemment démontrée par l'observation des raies interdites $^2P \rightarrow {}^4S$, à 3466 Å ([4]), et $^2D \rightarrow {}^4S$, à 5199 Å ([5]), dans des spectres auroraux. Mais les considérations précédentes apportent une affirmation plus précise, en montrant que l'azote et

---

([3]) On ne peut pas calculer quelle est la proportion de molécules, mais on peut évaluer très grossièrement de la manière suivante à 5 ‰ *au maximum* le rapport des chocs qui font perdre leur excitation aux atomes ^1D d'oxygène vers 100^{km} : si tous les atomes, se trouvant à l'état ^1D après émission de la raie 5577 Å, retombaient spontanément au niveau normal, la raie 6300 Å devrait avoir une intensité énergétique égale à 0,7 environ de celle de la raie verte, à condition, bien entendu, qu'il n'y ait pas excitation directe de l'état ^1D. Or Vegard et Tönsberg (*Geofysiske Publikasjoner*, Oslo, **9**, n° **16**) estiment à 0,04 environ dans les aurores de basse altitude le rapport des intensités des raies; on peut alors calculer quel est l'intervalle de temps entre deux chocs provoquant le retour à l'état normal sans émission et l'on compare cette valeur avec la fréquence des chocs à 100^{km}.

([4]) R. Bernard, *Nature*, **141**, 1938, p. 1140; *Bulletin de la Société française de Physique*, **10**, 1939, p. 157.

([5]) Cette radiation, probablement observée plusieurs fois dans les aurores, vient d'être définitivement identifiée par J. Dufay et Tcheng Mao-Lin (*Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 692).

l'oxygène atomiques doivent être les constituants *essentiels* de l'atmosphère supérieure.

On aurait pu penser, pour expliquer l'élasticité des chocs, à reprendre la vieille hypothèse d'une atmosphère supérieure formée surtout d'hélium : mais elle est incompatible avec l'observation des raies interdites, qui exige la présence d'un nombre très grand d'atomes d'oxygène et d'azote.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le rôle des différents constituants cellulaires dans la survie, en particulier du chondriome.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Lorsqu'on traite une cellule des poils aériens de Courge par une solution diluée d'acide acétique, on peut obtenir des modifications de structure du noyau qui sont réversibles et qui, d'autre part, sont suivies d'une reprise de la vie cellulaire active (cyclose). On pourrait imaginer des cellules dont le noyau reprendrait sa structure première après un changement provoqué, sans que la vitalité cellulaire soit récupérée : c'est même dans ces conditions que Bělár [1] autrefois a décrit ce qu'il appelait une *floculation réversible*, opposée par lui à la coagulation dont le caractère est d'être au contraire irréversible. On voit que nos résultats sont différents, car, dans nos expériences, il y a toujours reprise de la cyclose lorsque le noyau a *récupéré* dans un temps normal.

On peut s'étonner que la capacité de survie du cytoplasme, attestée par le pouvoir de reprise cyclosique, ne puisse pas être rendue indépendante de la capacité de survie du noyau, qu'on peut évaluer par sa faculté de retour à la structure première. On sait en effet, par différents moyens, éliminer le noyau d'une cellule, et les expérimentateurs sont d'accord pour affirmer dans ce cas la persistance de la circulation cytoplasmique en l'absence de noyau. Nous avons dernièrement vérifié ce fait sur les poils radicaux d'*Hydrocharis morsus-ranæ* au moyen d'une expérience qui semble bien nouvelle : les noyaux, dans cette plante, étant logés dans la base des poils radicaux, on peut, par une section au moyen d'un fin scalpel, obtenir un fragment apical anucléé par lequel cependant la cyclose persiste assez longtemps.

---

(1) *Ueber die reversible Entmischung des lebenden Protoplasmas* (*Protoplasma*, 7, 1929, p. 209).

Par conséquent, puisqu'il est bien établi par les expériences de mérotomie que le noyau n'est pas indispensable à la survie du cytoplasme, on pourrait, semble-t-il, espérer obtenir cette survie dans une cellule à noyau nécrosé. Le fait que cette survie n'est pas possible, au moins dans nos premières expériences, pourrait montrer que la nécrose du noyau s'accompagne d'une émission dans le cytoplasme de substances toxiques.

Le problème posé au sujet du noyau peut être envisagé maintenant pour les plastes et pour les mitochondries : en ce qui regarde les premiers de ces éléments, on sait qu'une cellule privée de ses plastes peut vivre normalement, au moins chez les organismes inférieurs (cellule apoplastidiée); on est par contre beaucoup moins renseigné sur les possibilités de vie ou de survie d'une cellule privée de chondriome, et le problème lui-même a été très rarement abordé (par exemple au moyen de la centrifugation). Or, par notre méthode, il est possible d'altérer considérablement le chondriome, ou même de le détruire, tout en laissant la faculté d'une certaine survie cellulaire : on se trouve donc dans des conditions favorables pour obtenir expérimentalement des cellules privées de chondriome.

Les cellules des poils aériens de Courge ou d'*Ecballium* se prêtent bien à ces expériences: c'est ainsi qu'une solution d'acide acétique au millième provoque le gonflement puis la cavulation des chondriosomes; si l'on arrête cette action, au moment voulu, par retour dans l'eau, la cellule reprend son mouvement de cyclose, mais le chondriome continue son évolution jusqu'à une destruction qui paraît complète, et l'on a alors l'exemple d'une cellule à vitalité conservée et cependant privée de ses mitochondries.

Ces expériences, on s'en doute, sont assez délicates à réaliser; lorsqu'on cherche à détruire complètement le chondriome, on s'aperçoit que les éléments de ce système sont diversement résistants : alors que certains chondriosomes sont transformés en sphérules creuses ou même lysés totalement, et que d'autres finissent par former des vésicules à parois minces, très distendues, très déformables, d'autres, plus rares, peuvent être seulement hypertrophiés. Il n'y a pas, d'autre part, une grande marge entre les conditions permettant la survie de la cellule et celles qui amènent la destruction totale ou presque totale du chondriome. Le fait de la survie du cytoplasme après destruction ou très forte altération des chondriosomes a pu néanmoins être observé à diverses occasions.

Il arrive souvent que le cytoplasme des cellules en voie de reprise renferme côte à côte des chondriosomes cavulisés en sphérules et d'autres chondriosomes en grains ou en bâtonnets normaux, sans trace d'altération. Il

est difficile de connaître l'origine de ces chondriosomes, et deux hypothèses peuvent être envisagées : ou bien les chondriosomes les moins modifiés peuvent ultérieurement régulariser leur forme et reprendre l'état antérieur, ou bien il y a néoformation d'une certaine quantité de mitochondries dans la cellule qui en avait été privée expérimentalement. Ces deux hypothèses d'ailleurs ne s'excluent pas et, dans tous les cas, la néoformation des mitochondries nous paraît non seulement possible, mais probable.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Fumariacées. La différenciation des régions fondamentales du corps chez le* Fumaria officinalis *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Après formation, aux dépens de la cellule basale du proembryon bicellulaire et de la cellule-fille inférieure de la cellule apicale, de gros macromères qui entrent dans la construction d'un suspenseur *sensu stricto*, la cellule *cc*, fille supérieure de la cellule apicale, se trouve composée de huit micromères comparables aux huit octants que l'on observe, à ce même stade, chez le *Medicago Lupulina* [1]. Les huit octants de la Lupuline toutefois résultent de la segmentation transversale de quatre quadrants régulièrement disposés autour de l'axe dans un plan horizontal, tandis que les huit micromères de la Fumeterre sont le produit de deux bipartitions au sein de deux éléments, *ce* et *cf*, tout d'abord séparés par une paroi transversale. En outre, les quatre micromères supérieurs de la Fumeterre, originaires de *ce*, sont disposés en tétraèdre généralement, et l'un d'eux, celui du sommet, fonctionne comme cellule épiphysaire.

Le plus souvent, la cellule épiphysaire prend une cloison verticale séparant deux éléments juxtaposés (*fig.* 6); des cloisons périclines, individualisant les initiales de l'épiderme vers l'extérieur et les initiales de l'écorce de la tige vers l'intérieur, peuvent apparaître ensuite dès ce stade. Il faut reconnaître que les processus de division dans la cellule épiphysaire sont assez variables; ils conduisent à la formation d'un massif cellulaire qui offre divers aspects et dont les limites, vers l'intérieur, ne sont pas toujours bien tranchées. Les trois autres éléments du groupe tétraédrique terminal, placés sous l'épiphyse, produisent la partie cotylée *sensu stricto*. Il est difficile de définir exactement les règles selon lesquelles ils se segmentent; en 3, deux d'entre eux sont en train de se diviser transversalement; en 7, 8, 9, des divisions périclines ont précédé les divisions transversales. Au voisinage de l'axe, il se constitue généralement

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 528; *Bull. Soc. bot. Fr.*, **76**, 1929, p. 93.

une ou deux couches cellulaires (*fig.* 10 à 18). Sur les bords, les segmentations sont surtout transversales ou anticlines; elles président à la génération des cotylédons.

Les quatre éléments dont se compose l'assise *cf* (*fig.* 1), comparables à des octants inférieurs, se divisent transversalement pour donner deux assises quadricellulaires *ph* et *h* (*fig.* 2 à g., 3, 6 à d.). Parfois, des parois verticales précèdent les parois transversales (*fig.* 5 et 6 à g.). L'assise *ph* va donner naissance à la partie hypocotylée.

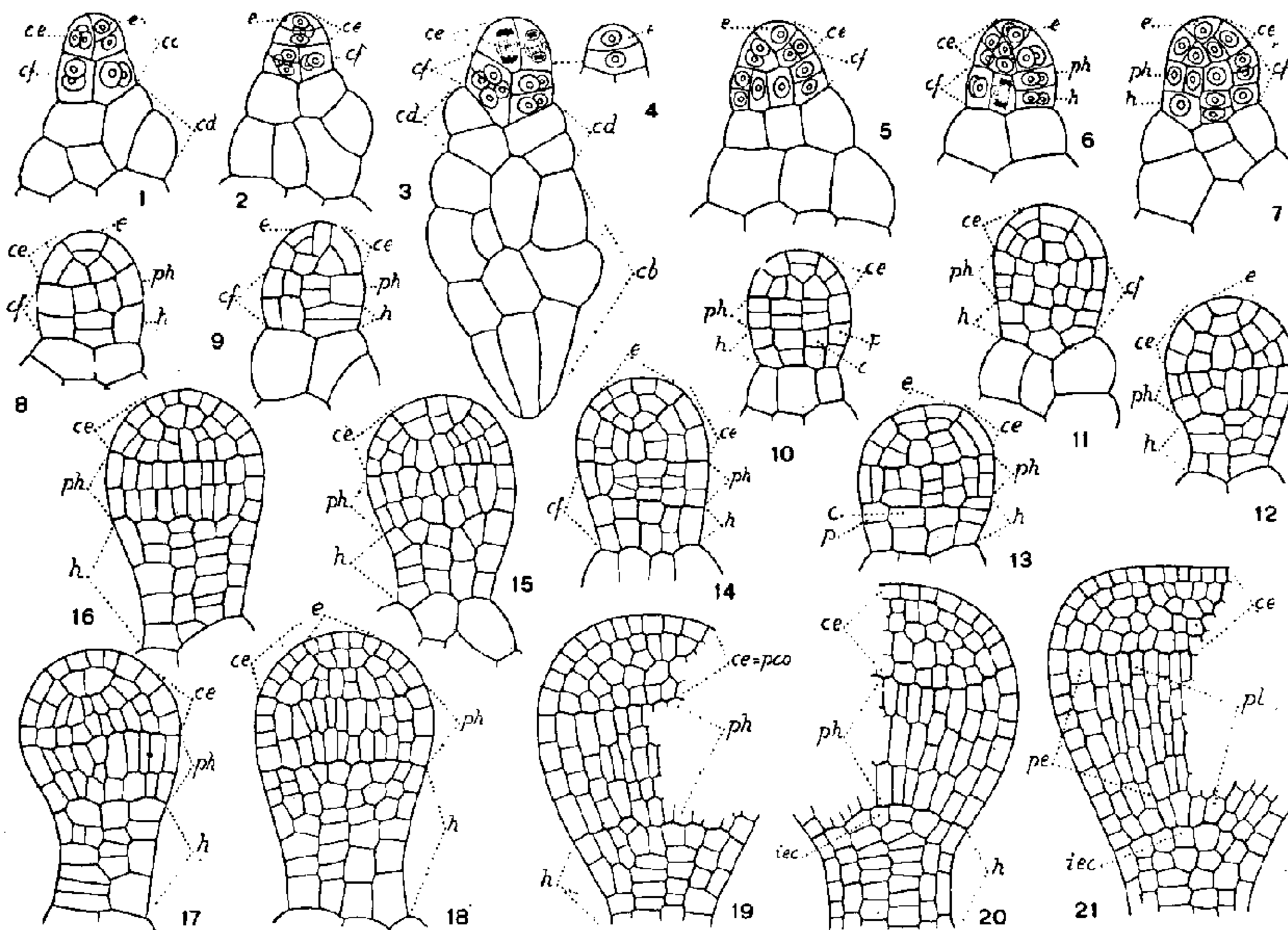


Fig. 1 à 21. — *Fumaria officinalis* L. — L'origine des régions fondamentales du corps. *cc*, embryon proprement dit; *cb* et *cd*, partie inférieure et partie supérieure du suspenseur *sensu stricto*; *ce*, partie cotylée; *e*, épiphyse; *cf*, groupe générateur de la partie hypocotylée et de l'hypophyse; *ph*, partie hypocotylée; *h*, hypophyse; *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *pe*, périblème; *pl*, plérome. G. = 280.

Les figures 6 à 19 permettent de se rendre compte de la marche de la segmentation dans les cellules qui la composent. Il apparaît d'abord des parois longitudimales, puis il se différencie, par cloisons transversales, deux nouvelles assises (*fig.* 9 à 11) qui demeurent assez longtemps distinctes. Au moment de la naissance des protubérances cotylédonaires, les divisions transversales et longitudinales, dans cette région, se multiplient; les cellules deviennent plus étroites et s'allongent; c'est à ce moment seulement que les trois histogènes se montrent nettement différenciés (*fig.* 21). L'assise *h* produit un gros massif hypophysaire. Les quatre cellules circumaxiales qui la constituent normalement tout d'abord (*fig.* 3), se segmentant longitudinalement et transversalement (*fig.* 7 à 11), engendrent deux nouvelles couches cellulaires qui se montrent composées, en coupes longitudinales, d'éléments centraux, *c*, et d'éléments périphériques, *p* (*fig.* 10, 13).

Dans ces éléments, la segmentation procède selon des règles tout à fait comparables à celles qui ont été décrites au sujet de *Medicago Lupulina*. Bien que, à un certain moment, il soit assez difficile de bien reconnaître les limites entre les étages *ph* et *h*, on peut tenir néanmoins comme certain que les éléments centraux, *c*, de la couche supérieure produisent les initiales de l'écorce de la racine, et que les éléments périphériques de la même assise entrent dans la construction des parties latérales de la coiffe. Les éléments de la couche inférieure, en se segmentant surtout transversalement, engendrent un large pédicule reliant l'embryon proprement dit au suspenseur et contribuent à la génération de la portion centrale de la coiffe. Pour tout ce qui concerne la construction de cette région du corps de l'embryon, les plus étroits rapports peuvent être établis avec ce qui a déjà été observé chez le *Medicago*, le *Trifolium* et les Géraniacées ([2]).

En définitive, les données essentielles qui se dégagent de l'étude embryogénique du *Fumaria officinalis*, celles tout particulièrement qui concernent l'origine et le mode de séparation des premiers blastomères, la disposition en tétraèdre des quatre éléments supérieurs assimilables à des octants, les destinées des différents étages proembryonnaires permettent de considérer le *Fumaria* comme représentant un nouveau type embryonomique, qui se rattache au 13ᵉ groupe et au mégarchétype VI de la 2ᵉ grande division de la classification périodique ([3]).

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Morphose cladosporioïde chez* Fusicladium pirinum. Note de MM. **Georges Viennot-Bourgin** et **Athanase Saccas**.

Les Champignons causant les Tavelures des Rosacées cultivées et sauvages, par la conformation du conidiophore et la nature des conidies, peuvent être divisés en trois groupes morphologiques :

Le premier groupe, représenté par *Fusicladium dendriticum* du Pommier, se caractérise par des conidiophores cylindriques, non ramifiés, présentant des zones d'accroissement sous forme de plis transversaux successifs, et chaque conidiophore émet à son sommet une seule conidie à la fois. Dans ce groupe il y a lieu de comprendre les *Fusicladium* des *Sorbus*, une espèce particulière à *Cratægus pyracantha* et la forme sur *Eriobotrya japonica*.

Le second groupe comporte *Fusicladium pirinum* ou Tavelure du Poirier,

([2]) R. Souèges, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 1565; **177**, 1923, p. 556.

([3]) R. Souèges, *Embryogénie et classification*, II, Paris, 1939, p. 83.

dont les conidiophores, d'abord cylindriques, puis tortueux, à croissance indéfinie, émettent des conidies fixées sur de petites tubérosités latérales. *Fusicladium cratægi* se rapproche de cette espèce.

Le troisième groupe est figuré par *Cladosporium carpophilum* connu en Europe et en Amérique sur le Pêcher, décrit également sous les noms de *Fusicladium cerasi*, *F. pruni*, *F. amygdali* etc. Il se caractérise par des conidiophores, comparables à ceux de *Fusicladium pirinum*, émettant des conidies groupées en chaînes courtes de deux ou trois éléments.

Tandis que les espèces du premier groupe demeurent bien isolées morphologiquement, les appareils conidifères des deuxième et troisième groupes présentent par contre entre eux de grandes affinités de structure qui s'accentuent encore davantage si l'on considère le mode de formation des conidies.

Des tissus vivants de *Pirus malus*, *Malus communis* et de *Persica vulgaris*, attaqués respectivement par *Fusicladium pirinum*, *F. dendriticum* et *Cladosporium carpophilum*, ont été disposés en atmosphère saturée d'humidité et soumis à des températures variant entre 12° et 20°. Des prélèvements effectués 36 heures après permettent d'établir que les conidies de *Fusicladium dendriticum* (premier groupe) se forment constamment isolément et germent dans les conditions ci-dessus à raison de 80 %, en émettant habituellement un seul tube germinatif terminal.

Les conidies de *F. pirinum* et de *Cladosporium carpophilum* peuvent, dans les conditions normales de culture, se former isolément, chaque conidie se détachant du conidiophore dès qu'elle a acquis son volume définitif (c'est le mode de formation habituel pour *Fusicladium pirinum* et fréquent pour *Cladosporium carpophilum*). Cependant, dans les conditions mentionnées plus haut, il se constitue régulièrement pour les deux espèces des chaînes conidiennes courtes composées de deux ou trois éléments au plus, l'élément basilaire qui rattache la chaîne au conidiophore pouvant être interprété comme une ramification de celui-ci, ou, au contraire, comme une conidie anormale dans sa forme et sa position.

L'insertion de la conidie sur le conidiophore est réalisée par la présence sur celui-ci d'une tubérosité courte, conique, arrondie, qui remplit une petite concavité située à la base de la première conidie de la chaîne. Ce système d'articulation paraît permettre une certaine mobilité à l'ensemble de la chaîne et en explique le détachement facile dès sa base.

Le rattachement d'une conidie à la conidie suivante est marqué par un plateau étroit situé à la base de la spore. L'existence de ce plateau ou son

absence précisent la position de la conidie sur la longueur de la chaîne. En effet, quand la conidie est terminale, elle se présente avec un seul plateau basilaire, son extrémité étant prolongée en bec court et arrondi-ou quelquefois marqué de l'amorce de la conidie suivante. Par contre, quand la conidie est intercalaire, elle prend l'aspect d'un fuseau également tronqué à ses deux extrémités par suite de la présence d'un autre élément de part et d'autre de la conidie considérée.

Il peut donc être admis que, indépendamment de la constitution d'un groupement cladosporioïde des conidies qui peut être observé en place dans certaines conditions pour *Cladosporium carpophilum* et *Fusicladium pirinum*, ces deux espèces se caractérisent par des spores douées d'hétérogénéité liée à leur position respective sur la chaîne conidienne. Cette hétérogénéité constitue un caractère toujours visible et spécifique pour les Tavelures du Pêcher, du Prunier, de l'Amandier, du Cerisier et, dans certaines conditions, du Poirier.

Au contact de leur support naturel, les conidies de *Fusicladium pirinum* germent en émettant un à trois filaments par spore dont un seul aboutit à la formation d'un appressorium s'appliquant sur la cuticule qui se trouve ensuite perforée directement. L'hyphe primaire se développe bientôt en un stroma intracuticulaire ou intra-épidermique, glissant quelquefois jusque dans le tissu palissadique. Dans un milieu caractérisé par une humidité saturée et une température relativement élevée, ces conidies germent soit par filament, soit par bourgeonnement. La germination par filament s'effectue comme précédemment dans les premières phases de la croissance, mais au lieu de produire un appressorium, l'extrémité est capable de se renfler en un organe plus ou moins complexe sur lequel s'effectue le bourgeonnement conidien ou qui porte directement une conidie secondaire séparée de la première par la longueur du tube germinatif. Cette conidie secondaire est susceptible de germer à son tour.

Le bourgeonnement conidien s'accomplit à la manière d'une levure, en donnant naissance à un court chapelet de spores comparables en forme et en dimensions.

L'existence de conidies groupées sous forme de chaînes courtes chez *Cladosporium carpophilum* et *Fusicladium pirinum*, jointe à la conformation particulière du conidiophore, peut permettre de définir une *disposition cladosporioïde*. On sait en effet que le genre *Cladosporium* se distingue fondamentalement du genre *Fusicladium* par le groupement des conidies en chaînes. Les observations qui viennent d'être rapportées montrent que

cette distinction n'a rien d'absolu, et que l'espèce sur Amygdalées (rangée initialement dans le genre *Cladosporium*), de même que l'espèce sur *Pirus malus* (comprise dans le genre *Fusicladium*), constituent plutôt un groupe partitulier indépendant morphologiquement des *Fusicladium*, et pouvant être séparé biologiquement des autres espèces du genre *Cladosporium* au même titre que les *Fusicladium* peuvent l'être des espèces rangées dans le genre *Passalora*.

CHIMIE PHYSIQUE BIOLOGIQUE. — *La survie de Souris, de lignée et d'âge différents, après une seule irradiation totale par les rayons X.* Note de Mme **N. Dobrolvolskaïa-Zavadskaïa**, M. **S. Vérétennikoff** et Mme **M. Rodzévitch**.

L'effet d'irradiation totale a été surtout étudié au point de vue des modifications produites dans le sang, dans les organes hémato-poïétiques [1] etc.

Cette Note préliminaire est basée sur l'observation de 325 Souris (170 mâles et 155 femelles) ayant subi une seule irradiation totale. Les animaux, en séries de 6, ont été maintenus dans une boîte ronde, de bois mince, et irradiés dans les conditions physiques suivantes : distance anticathode-peau 40^{cm}, tension 155 kV environ, intensité 5 mA, filtration 1^{mm} d'aluminium; la dose variait dans la majorité des cas de 600 à 650 *r* et la durée de 10 à 15 minutes; 71 mâles et 62 femelles ont reçu des irradiations variées plus fortes et plus prolongées (jusqu'à 50 minutes).

La première constatation qui se dégage de ces observations est que l'augmentation de la dose et de la durée de l'irradiation (toutes les autres conditions restant les mêmes) raccourcit progressivement la survie de l'animal, mais jusqu'à un certain degré seulement; ainsi les 99 mâles irradiés de 10 à 15 minutes ont survécu de 5 à 15 jours, les 65 mâles irradiés pendant 20 minutes ont survécu de 3 à 6 jours, et les 6 mâles irradiés pendant 40 minutes sont morts en 4 à 5 jours, c'est-à-dire après les délais se trouvant dans les limites de survie de ceux du groupe précédent.

Le deuxième point à retenir est la différence de résistance entre les deux sexes. Tandis que sur 170 mâles on n'a obtenu qu'un seul cas de survie de 15 jours (tous les autres animaux étant morts auparavant), sur

[1] A. Lacassagne et J. Lavedan, *Paris Médical*, 14, 1924, p. 97; H. Langendorf, *Strahlentherapie*, 55, 1936, p. 307; K. Mardersteig, *Strahlentherapie*, 61, 1938. p. 107.

151 femelles, 43 sont mortes après ce délai, dont 27 après des survies dépassant 60 jours; les survies maximales étaient de 323, 327, 388, 392, 397, 453 et 508 jours.

La question du sexe se rattache peut-être à celle de l'âge. Les femelles qui ont vécu le plus longtemps étaient d'âge moyen (de 9 à 13 mois au moment de l'irradiation), âge qui est un peu moins représenté parmi nos mâles irradiés. Néanmoins, deux femelles de 26 mois sont mortes l'une 145 jours et l'autre 278 jours après l'irradiation. A l'autre extrême, une femelle de moins d'un mois a survécu 8 jours, tandis que parmi les autres femelles irradiées en même temps et âgées de 13 à 14 mois, l'une est morte le lendemain et 4 restantes de 10 à 24 jours après la séance.

Nous arrivons maintenant au dernier problème faisant le sujet de cette Note, à savoir le rôle du facteur constitutionnel dans la réaction de l'organisme sur une irradiation générale. Plusieurs lignées, sélectionnées au point de vue de leur rapport au cancer, ont été utilisées dans ces expériences. Les mâles des lignées XVII, XXX, XXXIX, XLI et R III ont tous donné des résultats superposables et dans les limites de courtes survies, c'est-à-dire moins de 16 jours. Deux lignées seulement (lignées XLI et XLII) ont donné des survies longues chez les femelles.

Les 12 femelles de la lignée XLII, âgées de 8 à 13 mois, ont été irradiées avec la dose de 630*r*; 10 de ces femelles ont vécu de 135 à 222 jours et 2 seulement sont mortes l'une 19 jours et l'autre 23 jours après l'irradiation. Ce résultat peut être rapproché de celui obtenu dans la lignée XXXIX, dont 12 femelles âgées de 9 à 18 mois ont été irradiées avec une dose moindre (600*r*); pourtant elles sont toutes mortes après des délais ne dépassant pas 18 jours. D'autre part, sur 92 femelles de la lignée XLI, 14 ont survécu plus de 145 jours (jusqu'à 508 jours), donc la proportion des longues survies est moindre dans la lignée XLI que dans la lignée XLII, mais la durée de survie dans les cas individuels (même dose 630*r* que pour la lignée XLII) est beaucoup plus importante.

Les observations exposées plus haut peuvent être résumées de la façon suivante :

1° Le doublement d'une dose de rayons X (irradiations de 20 et de 40 minutes) ne produit pas d'effet proportionnel sur le raccourcissement de la survie, un laps de temps suffisant étant nécessaire pour que les modifications fatales se produisent dans l'organisme.

2° Les animaux de sexe mâle se sont montrés beaucoup moins résistants à l'irradiation totale que les animaux de sexe femelle.

3° L'âge semble également jouer un certain rôle dans la résistance de l'animal, les femelles d'âge moyen ont présenté des survies les plus longues.

4° L'importance du facteur constitutionnel s'est manifestée, dans des conditions comparables, par des survies dissemblables chez les femelles de trois lignées (lignées XXXIX, XLI et XLII); tandis que pour la lignée XXXIX les survies obtenues sont superposables à celles observées chez les mâles, dans la lignée XLII elles remontent jusqu'à 222 jours et dans la lignée XLI jusqu'à 508 jours après l'irradiation (²).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la cinétique de l'oxydation de la vitamine C dans des solutions d'acide métaphosphorique. Application au dosage.* Note (¹) de M. **Antonio Sosa**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide *l*-ascorbique (vitamine C) étant un corps très facilement oxydable, le problème de sa conservation en solution aqueuse s'est posé dès le début et le procédé le plus commode proposé jusqu'à ce jour demeure celui donné par Fujita et Iwatake dès 1935, qui consiste à ajouter de l'acide métaphosphorique à la solution vitaminique. Divers auteurs conseillent des concentrations en PO^3H allant de 2 à 50 %.

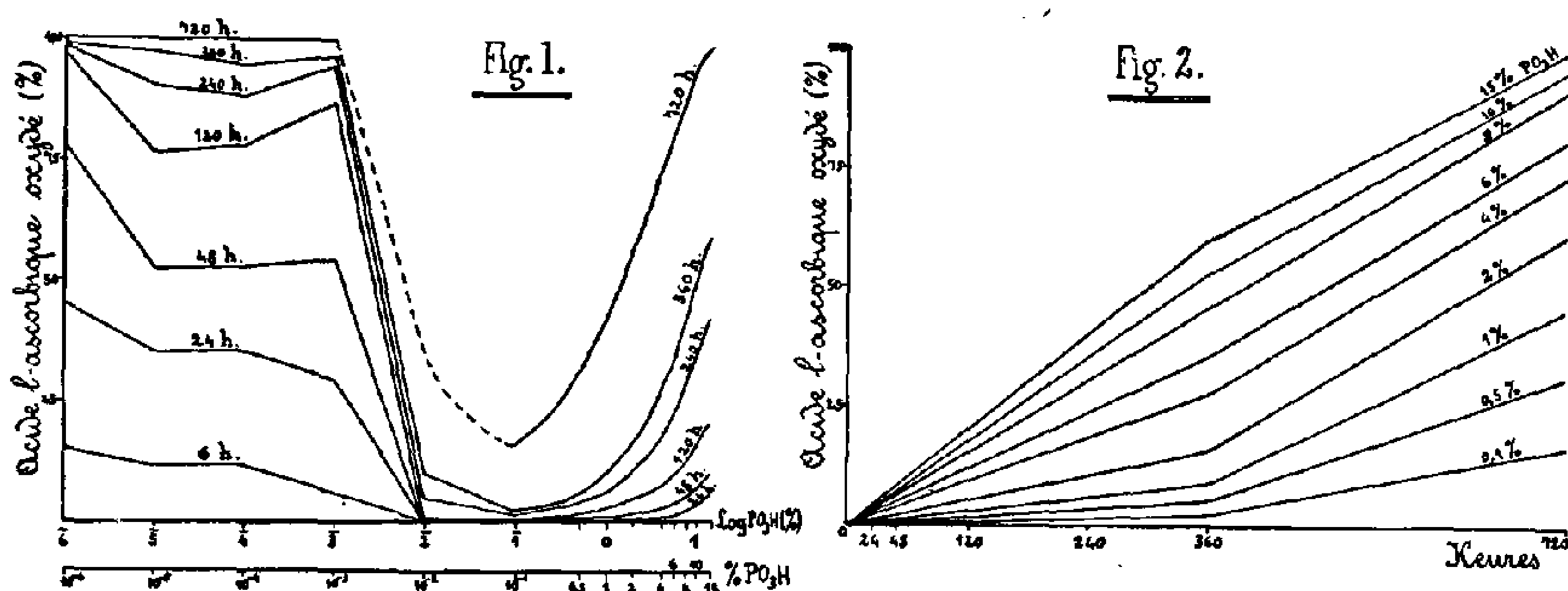
En vue de déterminer les meilleures conditions de conservation de l'acide ascorbique, nous étudierons la marche de son oxydation dans des solutions de PO^3H de concentrations variées et aux températures de laboratoire et de la glacière. L'acide métaphosphorique est, comme on le sait, peu stable et se transforme peu à peu en acides pyro et orthophosphoriques, en présence d'eau. La qualité employée de PO^3H dans ces essais est une variété dite pure du commerce.

Les dosages du pouvoir réducteur des solutions sont effectuées au bout de temps allant de 6 à 720 heures, par microiodométrie. La figure 1 exprime l'ensemble des résultats obtenus à la température de 16° pour une concentration en acide *l*-ascorbique de 400^{γ} par centimètre cube et avec des teneurs en PO^3H allant de 10^{-6} à 15 %. Les abscisses indiquent le log des concentrations en PO^3H employées, les ordonnées le pourcentage d'acide ascorbique oxydé au bout des temps indiqués sur chaque courbe.

(²) Ce travail a été fait en partie sous les auspices de l'*International Cancer Research Foundation*, président M. William H. Donner, D. Sc.

(¹) Séance du 10 novembre 1941.

Nous trouvons un minimum d'oxydation pour des concentrations relativement faibles en PO^3H, au voisinage de 0,1 % (pH 2,6-2,7 [2]), et par conséquent une conservation notablement plus longue; ce même phénomène se retrouve lorsqu'on opère avec des teneurs plus faibles en vitamine C, par exemple 50γ par centimètre cube.



On observe une décroissance brusque des courbes entre les concentrations de 10^{-3} et 10^{-2} % pour atteindre le minimum à 10^{-1} de PO^3H; on voit ensuite que pour les concentrations plus fortes les courbes prennent une même allure régulière. On peut interpréter ce brusque changement de propriétés comme traduisant la formation d'un composé d'addition, peut-être un sel d'oxonium. La genèse de celui-ci aurait donc besoin d'une concentration optimum de 0,1 % en PO^3H. Les montées ultérieures des courbes pour les concentrations supérieures pourraient être dues soit au dédoublement dudit complexe, soit à la disparition de l'acide métaphosphorique, ce qui entraîne la diminution du pouvoir antioxydant de la solution. En effet une solution d'acide ascorbique ($1^{cm^3} = 50\gamma$), selon que l'on se trouve en présence d'acide méta, pyro ou ortho en concentrations équimoléculaires ($0^{mol},0125$), se détruit dans les proportions suivantes, au bout de 13 heures à 20° : avec PO^3H 0 %, $P^2O^7H^4$ 39 %, PO^4H^3 48 %. De toutes les façons, l'oxydation dans l'acide métaphosphorique à 8 %, et pour une durée d'un mois, a lieu selon une fonction linéaire du temps (*fig.* 2). Au-déssous et au-dessus de cette concentration, on remarque dans les droites un point anguleux vers le 15e jour, ce qui traduit un autre changement dans le sein de la solution.

(2) Le pH optimum indiqué dans la bibliographie se trouve dans la zone 1,6-2,2.

En ce qui concerne les essais effectués à la température de la glacière (3°), nous observons qu'au bout d'un mois le titre d'une solution d'acide *l*-ascorbique ($1^{cm^3} = 50^{\gamma}$) dans PO^3H à 0,1 % est inchangé à 1 % près. On peut donc utiliser une solution titrée d'acide ascorbique pendant un temps assez long sans altération sensible.

Application au dosage. — Tillmans a proposé une méthode de dosage de la vitamine C par tritrimétrie avec le réactif de Schuchardt (2.6-dichlorophénolindophénol) jusqu'à persistance de la coloration bleue ou rouge (selon le pH) pendant un temps très variable d'après chaque auteur. Appliquant les données précédentes, nous employons la microtechnique qui suit, en vue d'éliminer notamment ce facteur d'incertitude (temps de virage); nous l'avons ainsi transformé en une *méthode de décoloration.* Son application au dosage de l'acide ascorbique dans les solutions pures et chez les végétaux nous a donné les résultats les plus satisfaisants. Voici le mode opératoire : $0^g,2$ du matériel frais est broyé avec $3^g,2$ de $SO^4(NH^4)^2$ pur, un peu de quartz ou sable et 4^{cm^3} d'eau ([3]). Du filtrat incolore ([4]) on prélève un volume déterminé que l'on verse sur 2^{cm^3} d'une solution aqueuse de 2-6-dichlorophénolindophénol ($1^{cm^3} = 150^{\gamma}$) auquel on ajoute $0^{cm^3},3$ de PO^4H^3 0,1 M. Le colorant en excès est titré, par retour, jusqu'à décoloration, par la solution titrée d'acide *l*-ascorbique conservée à 3° en présence de PO^3H. On dose de la même façon 2^{cm^3} de la solution de l'indophénol par l'acide ascorbique. La différence de volumes utilisés multipliée par 50 donne la teneur en γ de vitamine C contenue dans le volume de filtrat prélevé.

Nous avons utilisé cette technique avec succès dans l'analyse d'un grand nombre de plantes. Les chiffres obtenus concordent avec ceux donnés par la méthode spectrophotométrique de Chevallier et Choron (1937).

On voit que, contrairement aux procédés en usage jusqu'à présent, il n'est pas nécessaire d'employer des solutions de PO^3H de concentrations supérieures à 0,1 % dans les conditions envisagées.

([3]) Au cours de nos dosages, nous avons remarqué qu'en ajoutant 1 goutte de PO^4H^3 sirupeux pendant le broyage, nous obtenons des résultats exacts, alors que, dans le cas contraire, il y a une légère perte en vitamine C. L'acide ascorbique introduit est ainsi intégralement retrouvé.

([4]) Pour obtenir des résultats précis, si l'on ne veut pas ramener à un volume déterminé, il faut naturellement tenir compte de la teneur en eau du matériel et de l'augmentation de volume par addition de sulfate d'ammoniaque ($1^{cm^3} \rightarrow 1^{cm^3},40$).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le passage du tocophérol dans le sang et la possibilité d'un test direct d'avitaminose* E. Note de M[lle] **Andrée Vinet** et M. **Paul Meunier**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les seuls documents que nous possédions sur la présence dans le sang du tocophérol (vitamine E) sont dus à Emmerie et Engel [1]. Ces auteurs ont soumis à leur réaction colorée au dipyridyle l'insaponifiable du sérum sanguin obtenu à froid et privé de la vitamine A et des caroténoïdes par adsorption. Ils trouvent ainsi $0^{mg},025$ de tocophérol pour 100^{cm^3} de sérum de bœuf. Dans le sérum de la rate carencée, ils trouvent une teneur voisine, qui peut s'élever à $2^{mg},07$ cinq heures après administration de 5^{mg} de vitamine.

Nous avons repris l'étude du passage dans le sang du tocophérol en utilisant notre réaction au ferricyanure ferrique [2]. Après divers essais non satisfaisants, nous avons renoncé à tout traitement alcalin préalable du sérum, même à froid. Nous procédons à une *extraction directe* par le chloroforme du sérum déshydraté au moyen du sulfate de sodium anhydre : l'agitation du mélange semi-solide correspondant à 10^{cm^3} de sérum avec 25^{cm^3}, puis avec 10^{cm^3} de solvant, suffit, comme nous nous en sommes assurés, à entraîner la vitamine E. Ce procédé n'extrait qu'une fraction négligeable de la vitamine A du sang et un peu de ses caroténoïdes. Ceux-ci sont évalués par colorimétrie directe, et leur pouvoir réducteur vis-à-vis du ferricyanure ferrique peut ainsi être calculé et soustrait de la réduction totale fournie par l'extrait chloroformique de sérum. L'effet des caroténoïdes est d'ailleurs contrôlé par l'étude cinétique de la réaction [2]. Sur le chiffre de la réduction pris à la quinzième seconde, la correction indiquée n'atteint jamais 20 %.

Grâce à cette technique d'extraction sans saponification, nous pouvons avancer que le tocophérol, au moins pour sa majeure partie, se trouve dans le sang porteur de son oxhydrile phénolique *libre*, c'est-à-dire susceptible d'une oxydation *directe*. On remarquera qu'il en est de même dans les huiles végétales [2].

Nous avons d'abord vérifié chez le Lapin que l'injection de tocophérol

---

(1) *Rec. Trav. chim. des Pays-Bas*, 58, 1939, p. 283 et 895.

(2) P. Meunier et M[lle] A. Vinet, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 611.

fait très rapidement monter le taux de la vitamine E du sérum, par exemple de 3 à $6^{mg},6$ pour 100^{cm^3}, en quelques heures (injection de 30^{mg} pour un lapin de 2^{kg}). Chez l'Enfant, l'injection intramusculaire de 250 à 500^{mg} de tocophérol synthétique ([3]) est toujours suivie également d'une forte élévation de la vitamine E sérique.

Nous avons ensuite voulu connaître les fluctuations du taux de vitamine E du sérum sous le seul effet des variations alimentaires. Pour cela, nous nous sommes adressés au Lapin, animal très rapidement carençable en vitamine E et sur lequel on peut aisément répéter les prises de sang.

Lorsque des lapins sont mis au régime de Morgulis n° 13 ([4]) (flocons d'avoine, caséine, son, huile de foie de morue traités en de certaines conditions par le chlorure ferrique et lait écrémé en poudre), le taux de leur vitamine E sérique s'effondre en quelques jours : en moins d'une semaine, il peut passer de $4^{mg},8$ à 0 pour 100^{cm^3}. Si l'on s'adresse à de jeunes lapins de six semaines, leur croissance ne tarde pas à se ralentir et à s'arrêter (20 à 25 jours); les lapins meurent atteints d'intenses phénomènes de paralysie vers le 30e jour. L'ingestion d'acétate de tocophérol synthétique ([3]) est d'une efficacité remarquable sur le maintien de la croissance, si l'administration a lieu dès le 10e-12e jour de la mise au régime ([5]). Mais après 40 jours d'une croissance rendue ainsi normale par une ingestion de 150^{mg} le 12e jour et de 50^{mg} le 19e jour, la recherche de la vitamine E dans le sang donne encore un résultat négatif. Il faut deux nouvelles ingestions de 23^{mg} (à 4 jours d'intervalle) pour amener le taux cherché au voisinage de 5^{mg} pour 100^{cm^3}. Mis ensuite à un régime très abondant et varié de feuilles vertes, les lapins peuvent présenter un taux supérieur à 7^{mg} pour 100^{cm^3}. Le retour à une alimentation à base d'avoine, mais privée de verdure, fait rapidement (en 10 jours par exemple) tomber ce taux au-dessous de 3^{mg}.

Ces expériences montrent que le taux en vitamine E du sérum, tel que permet de l'apprécier notre technique, reflète bien l'apport alimentaire en cette vitamine. On remarquera par ailleurs que de l'acétate de tocophérol

---

([3]) Préparé par Hoffmann-Laroche.

([4]) *Nutritional muscular dystrophy* (*Act. Scient. et Ind.*, n° 752, Paris, 1938).

([5]) A notre connaissance, Morgulis n'a pas utilisé la vitamine E pure, mais l'huile de germe de blé ou ses extraits.

ingéré se retrouve dans le sang sous la *forme libre* : celle-ci paraît bien être *l'état naturel du tocophérol*.

Les recherches précédentes suffisent déjà, croyons-nous, à *fonder un test direct de l'avitaminose* E sur le dosage de cette vitamine dans le sang. Dès maintenant nous pouvons dire que le *taux normal* est, chez le Lapin, voisin de 3^{mg} pour 100^{cm^3} et, chez l'Homme, à un niveau beaucoup plus bas, environ $1^{mg},50$ pour 100^{cm^3}.

A $15^h 50^m$ l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 15^m$.

A. Lx.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1941 (*suite et fin.*)

Atlas de paléobiogéographie, par LÉONCE JOLEAUD, 99 planches et 1 portrait. Paris, Paul Lechevalier, 1939; 1 vol. $29^{cm},5 \times 23^{cm},5$ (présenté par M. A. Chevalier).

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son Yacht, par Albert Ier de Monaco. Fascicule CIII. *Recueil de travaux relatifs aux campagnes du Prince Albert Ier de Monaco* (Protistologie, Zoologie, Physiologie, Bactériologie, Algologie, Pathologie), par DIVERS AUTEURS. Imprimerie de Monaco, 1940; 1 vol. 36^{cm}.

Idem. Fascicule CIV. *Hydropolypes provenant des croisières du Prince Albert Ier de Monaco*, par EUGÈNE LELOUP. Imprimerie de Monaco; 1940; 1 vol. 36^{cm}.

Hémorragie-Choc-Asphyxie, par LÉON BINET. Paris, Masson et Cie, 1941, 1 vol $25^{cm},5$ (présenté par M. H. Vincent).

Notice sur Henri Chermezon, par FRANCIS EVRARD. Extrait du *Bulletin de la Société botanique de France*. Tome 87. Paris, au Siège de la Société, 1940; 1 fasc. 24^{cm}.

Recherches sur les Rhizocéphales. I. *Rameau récurrent et formations ovariennes des racines chez le « Peltogaster Paguri »*, par CHARLES PÉREZ. Extrait des *Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France*. Tome 65. Paris, Gauthier-Villars, 1941; 1 fasc. 29^{cm}.

Bibliothèque de philosophie scientifique, *Invention et finalité en biologie*, par LUCIEN CUÉNOT. Paris, Flammarion, 1941; 1 vol. $19^{cm},5$.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 24 NOVEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MICROBIOLOGIE DU SOL. — *Sur le nodule radiculaire des Légumineuses comme producteur d'ammoniac.* Note (1) de M. **SERGE WINOGRADSKY** et Mme **HÉLÈNE WINOGRADSKY**.

L'exhalaison de l'ammoniac par les nodules des Légumineuses a été observée la première fois en 1933 (2). Elle a été l'objet d'une étude circonstanciée en 1936 (3). Cette étude a suggéré l'idée qu'il s'agit là d'une fonction spécifique, et non d'une simple désamination autolytique. Les recherches récentes sur la synthèse de l'ammoniac par les fixateurs non symbiotiques, les *Azotobacter*, sont venues depuis appuyer ce point de vue (4).

La bibliographie de la fixation symbiotique comprend près de 1500 travaux parus au cours de plus d'un demi-siècle. On leur doit nos connaissances sur les rapports mutuels compliqués des deux symbiotes et sur la fixation de l'azote atmosphérique, qui en est l'aboutissement le plus intéressant. Mais on y chercherait en vain une étude spéciale sur le nodule *isolé* (qui est l'organe même de la fixation), son fonctionnement, ses

---

(1) Séance du 17 novembre 1941.

(2) S. WINOGRADSKY, *Comptes rendus*, 197, 1933, p. 209.

(3) S. WINOGRADSKY et H. WINOGRADSKY, *Ann. Inst. Pasteur*, 56, 1936, p. 221.

(4) S. WINOGRADSKY, *Comptes rendus*, 190, 1930, p. 661; *Ann. Inst. Pasteur*, 66, 1941, p. 97.

caractères chimique et physiologique. C'est cette étude que nous poursuivons.

Il est aisé de s'en procurer la quantité nécessaire pour les recherches, en s'adressant aux Légumineuses de culture potagère : pois, haricots, fèves. Les plantes arrachées avec précaution, on en détache immédiatement les racines, on les lave, on laisse se ressuyer, on enlève les nodules, que l'on sèche à 35-50°. Conservés à l'étuve à 35°, les nodules gardent leurs caractères inchangés pendant de longues années. Ce n'est qu'au bout de huit ans de conservation que l'on a observé quelque *affaiblissement*, d'ailleurs peu prononcé.

Pour les études quantitatives, on se servait de boîtes hermétiques en verre (sorte de petits dessiccateurs), où l'on plaçait quelques grammes de nodules, étalés dans une soucoupe plate, ouverte, dans le voisinage immédiat d'une capsule plate chargée de XXV gouttes d'acide sulfurique (pur Poulenc p. an.). Au bout de 24 heures, on retirait la capsule, on lavait avec beaucoup d'eau exempte d'ammoniac, on portait les eaux de lavage à 100^{cm^3}, et l'on y dosait finalement l'ammoniac par nesslérisation; en déduisant, bien entendu, la quantité d'ammoniac, d'ailleurs minime, que contenait l'acide employé.

Un fait remarquable s'est imposé à la suite de ces épreuves : séchés à l'air à la température de chambre, et même à l'étuve à 35°, les nodules continuent à dégager l'ammoniac, et ce n'est qu'en poussant la dessiccation jusqu'à poids constant dans un dessiccateur sur acide sulfurique, à 50°, prolongée plusieurs jours, que l'on réduit l'exhalation à zéro. Le plus faible taux d'humidité la déclenche à nouveau. Il suffit de laisser séjourner les nodules sur une table de laboratoire pendant quelques heures, pour constater que le dégagement a repris. L'effet est plus prononcé à mesure qu'on élève l'état hygrométrique des nodules, en plaçant le lot dans une chambre humide, dont on règle l'humidité, autant que possible, en y introduisant de petits carrés de papier à filtrer saturés d'eau. La capacité hygroscopique des nodules permet d'éviter dans ces expériences l'usage de l'eau, qui fait gonfler les nodules et les dénature en se prolongeant. Avec l'eau, les microbes, les bactéries surtout sont bannis des expériences, et avec celles-ci la nécessité d'employer des antiseptiques, pour dégager les effets des phénomènes purement catalytiques, des effets de l'action microbienne.

L'état hygrométrique des nodules est l'un des facteurs principaux de la libération de l'ammoniac. La température en est un autre : à 20°, le rendement est faible, parfois nul; à 50°, il paraît atteindre son maximum. Sous

l'influence des deux, il est possible de faire varier le rendement de 3g de nodules de 0 à 1000 γ d'azote ammoniacal en 24 heures. Quant au rendement pour une période prolongée, on totalise plusieurs milligrammes d'azote ammoniacal en répétant l'opération au cours de plusieurs mois, sans que l'on puisse remarquer quelques signes d'épuisement.

En voici un exemple :

	Rendement Az. amm.
	γ
3g nodules pois 1940, durée des épreuves 3 mois...........	5120
3 » 1940, » 2 »	3020
3 » 1933, » 2 »	1028

On peut se demander si le lot de 1933, qui est encore actif, quoiqu'il paraisse affaibli, gardé à l'étuve à 35°, continuait tout ce temps à libérer l'ammoniac. Pour se faire une idée à ce sujet, on en retire rapidement environ 3g, que l'on place dans une boîte hermétique, pour doser l'ammoniac absorbé par XXV gouttes d'acide. Au bout de 24 heures, on nesslérise, et l'on trouve un rendement de 33 γ. En multipliant par le nombre de jours passés à 35°, on arriverait à un total hypothétique de l'ordre d'une centaine de milligrammes d'azote ammoniacal.

Quelle est l'origine de l'azote ammoniacal libéré en quantité si notable? Provient-il de l'azote immobilisé dans les cellules, ou bien est-ce l'atmosphère qui en serait la source?

On a tenté d'élucider cette question, au moyen de la méthode employée dans l'étude sur les *Azotobacter* (voir *loc. cit.*), dont le principe consiste à établir le bilan de l'azote d'une quantité déterminée de matière au bout d'une période de temps. Les expériences n'étaient possibles qu'en utilisant la matière des nodules réduite en poudre, que l'on éparpillait sur des plaques de silico-gel, ou que l'on humectait simplement avec un peu d'eau. Un nombre d'expériences, résumées sur le tableau qui suit, ont donné un résultat analogue à celui des expériences sur les *Azotobacter*.

	Azote			Azote ammoniacal
Poudre.	initial.	final.	Différence.	exhalé.
g	γ	γ		γ
0,041...........	602,7	620,0	+ 18,3	810,0
0,2012.... . .	2957,6	2350,0	−607,6	742,4
0,2075..........	3050,2	2600,0	−450,0	732,4
0,0216..........	397,0	385,0	− 12,0	93,0

Dans ces expériences, également, le total de l'azote ammoniacal exhalé dépasse sensiblement la différence entre l'azote initial et l'azote final.

Mais la méthode est beaucoup plus difficilement maniable que dans le cas susdit, à cause même de la richesse de la matière des nodules en azote combiné. Malgré les doses minimes de matière, les expériences demandent beaucoup de temps, ainsi qu'un contrôle microscopique incessant, et l'emploi de toluène, pour prévenir l'ingérence des bactéries. Il est évident, enfin, que dans ces expériences, l'effet des enzymes de désamination pouvait se combiner à celui du système catalyseur qui nous intéresse. Les données obtenues restent tout de même dignes d'être signalées.

Nous n'avons pas trouvé dans la littérature d'études spéciales sur les enzymes que contiennent les nodules isolés. Mais l'uréase a été découverte dans les cultures des bactéries radicicoles par Beijerinck. Selon Fosse, les plantes légumineuses contiennent de l'urée ainsi que de l'uréase. Il est facile de déceler l'uréase dans les nodules, où sa présence est régulière. Il suffit d'immerger une quantité minime de nodules dans 10^{cm^3} d'une solution d'urée à 2 %, en ajoutant II-III gouttes d'une solution d'acide rosolique ou de bromthymol bleu, pour obtenir au bout d'une heure ou deux un virage net de l'indicateur. Pour déceler la présence de l'urée, il a suffi de prendre un demi-gramme de nodules, en les immergeant dans de l'eau pure additionnée d'indicateur. Le plus souvent, le virage apparaît au bout d'une heure; avec des nodules longtemps conservés, la réaction manque parfois.

Les mêmes épreuves ont été éxécutées, en remplaçant l'urée par une solution d'asparagine, de peptone, d'albumine d'œuf, par du lait. Mais avec ces substances, le résultat était toujours négatif.

En résumé, le seul enzyme de désamination décelable dans les nodules isolés est l'uréase, laquelle est rapidement inactivée par une température élevée, ce dont on s'assure au moyen des mêmes épreuves, en les exécutant parallèlement sur des nodules normaux, d'un côté, soumis à une courte ébullition, de l'autre.

L'uréase détruite, quel en serait l'effet sur le dégagement d'ammoniac? Pour y répondre, on divise un lot de nodules en deux motiés, dont l'une est autoclavée 30 minutes à 120°, l'autre laissée à l'état normal. On les place dans deux petits dessiccateurs sur acide sulfurique, d'après la méthode décrite, et on les tient 24 heures à 50°. Voici un exemple des rendements,

en γ, que l'on a obtenus avec deux portions de 3g de nodules de pois :

Normaux............	35,0 (a)	45,0 (b)	40,5	46,0γ
Autoclavés...........	56,0 (a)	150,0 (b)	121,0	103,0

(a) Séchés à l'air. (b) Humidifiés.

Comme on le voit, la destruction de l'uréase, non seulement ne réduit pas le rendement en ammoniac, mais l'augmente, au contraire, de 2 à 3 fois; d'où il apparaît que l'uréase gêne, d'une manière ou d'une autre, le dégagement : phénomène auquel on ne trouve pas encore d'explication.

En résumé, *il n'existe aucun rapport entre l'action de l'uréase*, ainsi que de tout autre enzyme de désamination que l'on pourrait découvrir dans la matière des nodules, *et la libération chronique d'ammoniac que nous avons découvert. Celle-ci est réglée par un système thermorésistant capable d'exercer son activité dans un milieu privé d'eau liquide. Il n'appartient donc pas aux enzymes au sens strict du mot. Il paraît présenter un type de catalyseurs biologiques encore inconnu.*

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Chimie des corps organisés du Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *Charles Sannié* obtient 36 suffrages; il y a 3 bulletins blancs.

Pour la seconde ligne M. *Marcel Frèrejacque* obtient 30 suffrages; il y a 3 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

En conséquence la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne............. M. **Charles Sannié**.
En seconde ligne.............. M. **Marcel Frèrejacque**.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Une page d'histoire des sciences*. 1661-1669. *Vingt-deux lettres inédites d'*André de Graindorge *à P.-D. Huet* publiées et annotées par M. Léon Tolmer.

2° GEORGES AUBERT. *Les sols de la France d'Outre-mer.*

3° EMANUEL REVICI. *Les déséquilibres oxybiotiques en biologie. Rôle des lipides.*

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur certaines composantes des lois de Cauchy.* Note de M. **DANIEL DUGUÉ**, présentée par M. Paul Montel.

On sait que les lois de Gauss et de Poisson, dont les fonctions caractéristiques sont respectivement $e^{-\frac{\sigma^2 t^2}{2}}$ et $e^{\lambda(e^{it}-1)}$, ne sont susceptibles de décomposition en une somme de deux variables indépendantes que si ces deux variables suivent elles-mêmes les lois de Gauss ou de Poisson; ces deux résultats sont dus à MM. Paul Lévy, Cramer et Raikoff. Les deux lois étant des lois stables, on pouvait se demander si le résultat était encore valable pour toutes les lois stables, et en particulier pour la loi de Cauchy de probabilité élémentaire $(1/\pi)[1/(1+x^2)]\,dx$ et de fonction caractéristique $e^{-|t|}$.

Les exemples ci-dessous prouvent *qu'il n'en est rien.* Nous nous proposons, en nous appuyant sur des résultats de M. Polyá (¹), de construire deux variables aléatoires différentes de variables de Cauchy et dont la somme obéit à la loi de Cauchy.

Le résultat utilisé est le suivant : *Si* $\varphi(t)$ *est pair, et si, pour* $t \geqq 0$, *on a* $\varphi'(t) < 0$ *et* $\varphi''(t) > 0$, *alors* $\varphi(t)$ *est une fonction caractéristique.* Cet ensemble de conditions entraîne la non-analycité de $\varphi(t)$.

Il suffit donc de trouver $h'(t)$ tel que

$$\varphi_1(t) = e^{-|t|+h(t)} \qquad \text{et} \qquad \varphi_2(t) = e^{-|t|-h(t)}$$

satisfassent aux conditions. En prenant $h(t)$ pair, on devra avoir, pour $t>0$,

$$-1 \pm h'(t) < 0 \qquad \text{et} \qquad \pm h''(t) + [-1 \pm h'(t)]^2 > 0.$$

La somme des deux variables aléatoires obéira à la loi de fonction caractéristique $e^{-2|t|}$, c'est-à-dire à une loi de Cauchy. On voit aisément que, si l'on prend $h(t) = \lambda(\cos t - 1)$, il suffit que λ soit inférieur à $1/3$ pour que les conditions imposées soient réalisées. De même, si l'on pose $h(t) = \mu \sin|t|$ avec $\mu < 1/3$, on a encore deux variables permettant une décomposition du type fixé. Ces variables, de fonctions caractéristiques $e^{-|t|\pm\lambda(\cos t-1)}$ et $e^{-|t|\pm\mu\sin|t|}$, appartiennent au domaine d'attraction de la loi de Cauchy (la

(¹) *Math. Zeitschrift*, **2**, 1918, p. 378, et **18**, 1923, p. 104.

loi de probabilité de la moyenne de n variables indépendantes converge vers la loi de Cauchy pour n infini), mais elles ne sont pas stables. On peut se poser la question de savoir si les lois stables de fonctions caractéristiques $e^{-|t|^\alpha}$ $(0 < \alpha < 1)$ sont susceptibles de décompositions différentes des décompositions banales $e^{-c|t|^\alpha}$. Il est plus difficile de trouver un exemple analogue au précédent, et il se pourrait que le théorème de M. Paul Lévy s'appliquât.

En s'appuyant sur ce théorème et sur le résultat de M. Polyá, on peut écrire un ensemble d'inégalités concernant toute fonction réelle dérivable deux fois sur le demi-axe positif :

Les seules fonctions réelles $h(t)$, telles que l'on ait $(0 \leq t < +\infty)$,

$$-t \pm h'(t) < 0 \qquad \text{et} \qquad -1 \pm h''(t) + [-t \pm h'(t)]^2 > 0$$

sont les fonctions $h(t) = -\mathrm{A}(t^2/2)$ *avec* $(0 < \mathrm{A} < 1)$.

En effet, s'il en existait d'autres, on aurait une décomposition de la loi de Gauss en deux lois non gaussiennes.

Le résultat de M. Raikoff concernant la loi de Poisson ne peut donner naissance à des inégalités de cette nature, la fonction caractéristique de la loi de Poisson n'étant pas réelle sur l'axe réel.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Tourbillons en tores dans l'écrasement des filets liquides contre un plan solide et procédé très sensible pour les déceler.* Note de M. **Roger Mérigoux**, présentée par M. Henri Villat.

Decharme a signalé ([1]), en 1881, que des gouttes ou des filets d'eau, s'écrasant sur une plaque de verre horizontale recouverte de poudre de minium, pouvaient y produire, par rassemblement inégal de la poudre, des figures circulaires très régulières, et cet auteur a utilisé ces figures pour tenter d'établir une analogie étroite entre l'hydrodynamique et l'électromagnétisme.

J'ai montré récemment ([2]) que des figures similaires se retrouvent, formées de bulles de gaz microscopiques, dans l'inégale adhésion d'une goutte de paraffine écrasée et solidifiée contre un plan solide, et j'ai interprété la formation de ces figures par l'établissement de tourbillonnements en tores microscopiques.

([1]) *Comptes rendus*, **93**, 1881, p. 408; **94**, 1882, p. 722; **98**, 1884, p. 558.

([2]) *Cahiers de Physique de la zone libre*, n° **4**, octobre 1941.

Ce sont également des petits tourbillons qui paraissent s'établir au point d'écrasement d'un filet liquide, et il est possible de les déceler aisément par la méthode suivante :

1° Le plan horizontal est constitué par une plaquette d'argent pur soigneusement polie, puis exposée sous cloche aux vapeurs dégagées par quelques cristaux d'iode. La couche d'iodure d'argent, qui s'épaissit régulièrement, fait défiler, sous l'aspect de teintes plates, les couleurs d'interférence de l'échelle de Newton que l'on arrête au sixième ordre.

2° On ajoute à l'eau devant former une faible quantité d'hyposulfite de soude capable de dissoudre, avec une rapidité convenable, la mince couche d'iodure et de faire remonter ainsi les teintes vers les colorations intenses des premiers ordres, l'amincissement de la couche étant d'autant plus accusé que le balayage du plan par le liquide est plus intense au point considéré.

La sensibilité de cette méthode est telle que quelques secondes suffisent, en général, pour que les moindres particularités du mouvement s'impriment sur la plaquette d'argent sous forme de traces intensément colorées. On peut également photographier ces figures en utilisant des plaques panchromatiques : les différences de couleurs ne sont plus sensibles, mais on peut encore enregistrer les inégalités du pouvoir réflecteur qu'elles entraînent. L'avantage de cet enregistrement est de simplifier l'aspect des figures et de mieux déceler les zones à limitations nettes vraisemblablement dues à la formation des tourbillons.

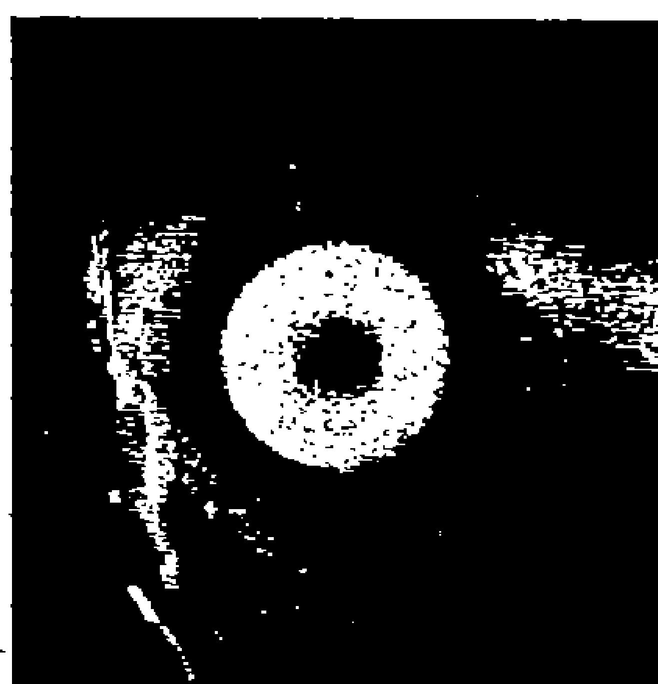


Fig. 1.

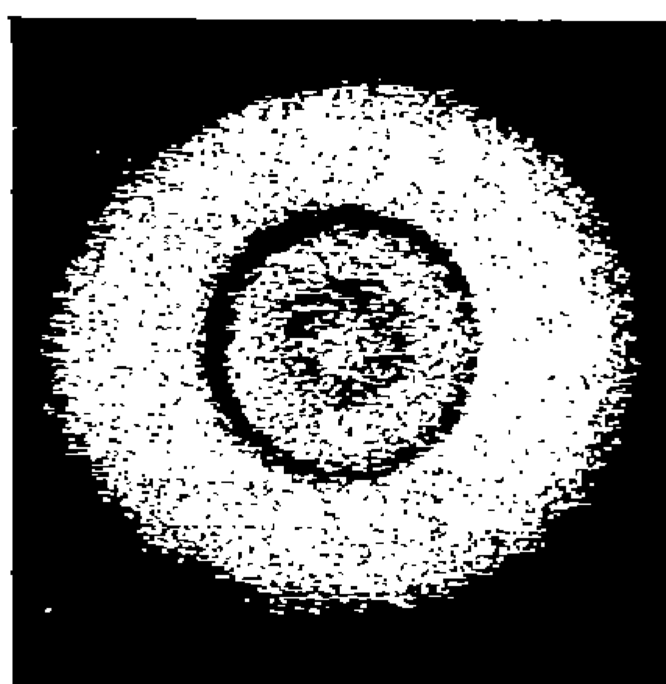


Fig. 2.

Les figures 1 et 2 (6 X), enregistrées sur plaques panchromatiques, correspondent à des filets d'eau de $1^{mm},8$ de diamètre possédant une vitesse de chute de 120 cm/sec au point d'écrasement. Elles représentent les deux

genres d'anneaux qui s'observent le plus fréquemment : balayage central intense pour la première figure et faible pour la deuxième.

Dans les deux cas, ces figures s'expliquent simplement si l'on admet l'existence de tourbillonnements en tores centrés sur l'axe d'écrasement.

SPECTROSCOPIE. — *Les spectres Raman et infrarouges de quelques nitrates d'alcoyles. Structure et modes de vibration de ces composés.* Note de MM. **Jean Lecomte** et **Jean-Paul Mathieu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Quoique les spectres de diffusion des nitrates d'alcoyles, de formule générale $R—O—NO^2$, et le spectre infrarouge du premier terme aient déjà été étudiés partiellement par d'autres auteurs (1), il nous a semblé profitable de reprendre cette étude, d'une part en mesurant la dépolarisation des raies Raman, d'autre part en étendant les mesures d'absorption infrarouges.

1° *Nitrate de méthyle.* — Les valences d'un atome d'oxygène faisant entre elles un angle voisin de 110°, les atomes C, O et N de la molécule $CH^3—O—NO^2$ ne sont pas alignés. Le plan de symétrie π que ces atomes déterminent entraîne la présence de raies Raman dépolarisées. Conformément aux conclusions de Chedin (1) fondées sur l'effet Raman, et de Pauling et Brockway (2) qui s'appuient sur la diffraction électronique, nous placerons le plan P du groupe $—N\langle{}^{O}_{O}$ perpendiculairement au plan π. Si ces deux plans coïncidaient, la vibration antisymétrique de valence du groupe ne pourrait pas donner la raie polarisée que l'on observe. Voici les résultats expérimentaux, avec les notations courantes :

Raman......	355	582	668		865	996	–	1161	1184	1203
Intensités....	M	F	AF	–	F	M	–	f	f	f
ρ...........	0,45	0,54	0,83	–	0,26	0,68	–	D	D	P
Infrarouge...	–	577	660	753	858	984	1136	1190		–
Intensités....		F	F	AF	F	F	f	f		–

Raman......	1291	1397	1443	1460	1528	1644	2827	2968	3050	–
Intensités....	F	tf?	AF	M	f	AF	f	F	f	–
ρ...........	0,35	P?	0,84	D	P	0,83	P	P	D	–
Infrarouge...	1281	–	1455		–	–	–	–	–	–
Intensités....	F		AF							

(1) Dadieu, Jele et Kohlrausch, *Wien. Ber.*, II*a*, **140**, 1931, p. 293; Ganesan et Thatte, *Phil. Mag.*, **14**, 1932, p. 1070; Médard et Alquier, *J. Chim. Phys.*, **31**, 1934, p. 281; Chedin, *J. de Phys.*, 10, 1939, p. 445; Kettering et Sleator, *Physics*, **4**, 1933, p. 39.

(2) *J. Amer. Chem. Soc.*, 59, 1937, p. 15.

Les 18 modes normaux de vibration du nitrate de méthyle sont tous actifs dans la diffusion et l'absorption. Nous allons montrer que 14 (et peut-être 16) d'entre eux se laissent représenter par des fréquences observées. On trouve :

Six vibrations internes du groupe CH^3, deux vibrations de valence symétrique et une vibration de valence antisymétrique, correspondant respectivement aux raies polarisées 2827 et 2968, et à la raie dépolarisée 3050 cm^{-1}. Les trois vibrations de déformation se placent probablement à 1203 (P), 1443 et 1460 (D) cm^{-1}.

Trois vibrations internes du groupe NO^2, les vibrations de valence, symétrique et antisymétrique, ont été identifiées depuis longtemps avec les fréquences 1291 (P) et 1640 (D). D'après les recherches de l'un de nous (³), il faut chercher la fréquence de la vibration de déformation vers 860 cm^{-1}, où une raie Raman forte et polarisée correspond ici à une bande infrarouge intense.

Neuf vibrations de l'ensemble de la molécule, pour justifier les interprétations qui vont suivre et les rendre plus intuitives, nous comparerons la molécule de nitrate de méthyle à des molécules plus simples. Nous pouvons d'abord la considérer comme un modèle à trois masses $(CH^3).O.(NO^2)$, dont nous plaçons les deux vibrations de valence (symétrique et antisymétrique) vers 580 et 990 cm^{-1}, et la vibration de déformation angulaire vers 355 cm^{-1}. Les raies Raman correspondantes sont bien polarisées, et les valeurs de ces fréquences s'intègrent correctement dans les suites correspondantes des composés $(CH^3)—(CH^2)—X$, dont les spectres sont comparables à celui du nitrate de méthyle.

On peut aussi comparer la molécule étudiée à un modèle moléculaire en Y, $(CH^3—O)—N\begin{smallmatrix}\diagup O\\ \diagdown O\end{smallmatrix}$, qui possède six vibrations propres. Parmi celles-ci, quatre ont déjà été considérées (trois se rapportent au groupe NO^2, une à la vibration de valence symétrique de la chaîne). Laissant de côté la vibration gauche, que nous n'avons pas déterminée, la fréquence vers 660 cm^{-1} peut être attribuée à une vibration de déformation antisymétrique ω, dans laquelle les groupes NO^2 et (CH^3O) exécutent des rotations dans leurs plans et en sens inverses, ce qui explique la dépolarisation de la raie Raman.

La forte bande infrarouge à 753 cm^{-1} (qui existe aussi dans les spectres

(³) J.-P. Mathieu et D. Massignon, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1084.

des homologues et qui se retrouve d'ailleurs dans une suite de fréquences appartenant aux composés $C^2H^5—X$) provient probablement d'une vibration gauche produisant une forte variation du moment électrique, ce qui explique l'intensité de l'absorption. Cette vibration, ainsi qu'une autre, dont la position se confond sans doute ici avec celle d'une raie de la chaîne, mais qui se manifeste, pour les homologues, par des raies Raman dépolarisées vers 1025-1050 cm^{-1}, sont dérivées d'une vibration dégénérée du modèle $CH^3—X$, située entre 1200 et 880 cm^{-1}, dans laquelle les masses vibrantes décrivent de petites ellipses normalement à l'axe du modèle.

Des deux vibrations restantes, l'une est une vibration gauche $\gamma(CH)$ et correspond probablement à l'une des raies Raman dépolarisées situées à 1161 et 1184 cm^{-1}; l'autre est une vibration de torsion que nous n'avons pu classer.

Homologues du nitrate de méthyle. — La discussion complète des spectres de ces composés sera faite dans un autre Recueil, et nous nous bornerons à indiquer les principales conclusions :

a. La multiplication des raies Raman dans les régions de 3000 et de 1300-1450 cm^{-1} indique que les groupes CH^2, provenant de l'allongement de la chaîne, se différencient par leur mode de vibration.

b. Les fréquences propres au groupement NO^2 n'éprouvent pas de variation systématique en passant du nitrate de méthyle au nitrate de butyle.

c. A partir du nitrate d'éthyle, il est impossible d'expliquer l'apparition des nombreuses bandes Raman et infrarouges qu'on observe, si l'on n'admet pas *la présence de deux formes moléculaires différant par la forme de la chaîne carbonée.* Ce résultat est d'accord avec l'interprétation des spectres des composés $C^nH^{2n+1}X$, qui sont comparables à ceux des nitrates d'alcoyles. Ainsi on constate des dédoublements pour la vibration de valence $C^nH^{2n+1}—(ONO^2)$: une raie vers 570 cm^{-1}, et l'autre vers 577 (éthyle) ou 610 (termes suivants); pour la vibration ω, vers 650 et vers 700 cm^{-1}; pour les vibrations de valence C—C : 1093 et 1120 (éthyle), 1117 et 1134 (propyle), 1125 et 1151 (butyle). Entre 850 et 950 cm^{-1}, on observe enfin un nombre de fréquences, attribuées à des vibrations antisymétriques de valence de la chaîne, tel qu'il est incompatible avec l'existence d'une seule forme moléculaire.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Mesure des masses des mésotons par choc élastique. Détermination du domaine d'application de la méthode.* Note [1] de M. R. Richard-Foy, présentée par M. Maurice de Broglie.

La méthode considérée comme la plus sûre pour une mesure directe de la masse (m/e) des particules de grande énergie des rayons cosmiques est celle du choc élastique entre la particule incidente et un électron au repos.

De telles collisions sont rares, et il est nécessaire de se placer dans les meilleures conditions expérimentales pour tirer le maximum d'efficacité de la méthode. Jusqu'à ce jour elle a permis d'effectuer une bonne mesure de masse sur un mésoton du rayonnement cosmique [2], les autres collisions observées par divers auteurs n'étant pas exploitables. Nous nous sommes proposé de déterminer les conditions les plus favorables à l'emploi systématique de cette méthode; d'ailleurs applicable à la mesure des masses des particules de grande énergie, quelle que soit leur origine.

En supposant que les deux particules (incidente et heurtée) ont même charge électrique et ont leurs trajectoires perpendiculaires au champ magnétique H utilisé, nous avons déjà trouvé [2] que le rapport μ_0 de la masse au repos de la particule incidente à celle de la particule heurtée (m_0) s'exprime par la relation simple suivante, en fonction des rayons de courbure ρ_1 et ρ_3 des deux particules $(\rho_1 \gg \rho_3)$ et de la distance f dont la particule heurtée s'écarte de la particule incidente,

$$\mu_0 = \frac{\rho_1}{\rho_0(\rho_4 - \rho_0)} \sqrt{(\rho_3 + \rho_4 - \rho_0 - f)(\rho_3 - \rho_4 + \rho_0 - f)}.$$

Dans cette relation

$$\rho_4 = \sqrt{\rho_3^2 + \rho_0^2} \qquad \text{et} \qquad \rho_0 = \frac{m_0 c^2}{e c \mathrm{H}},$$

nous avons traduit cette formule par un abaque à points alignés dont les variables ne dépendent pas du champ et représentent donc les éléments physiques du choc. Cet abaque nous donne la valeur de $\mu_0(\rho_0/\rho_1) = z$ en fonction de ρ_3/ρ_0 et f/ρ_0. Lorsque le secondaire n'est pas dans le plan perpendiculaire au champ, mais fait un angle ζ avec ce plan, la formule

(1) Séance du 17 novembre 1941.

(2) L. Leprince-Ringuet, S. Gorodetsky, E. Nageotte et R. Richard-Foy, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 382.

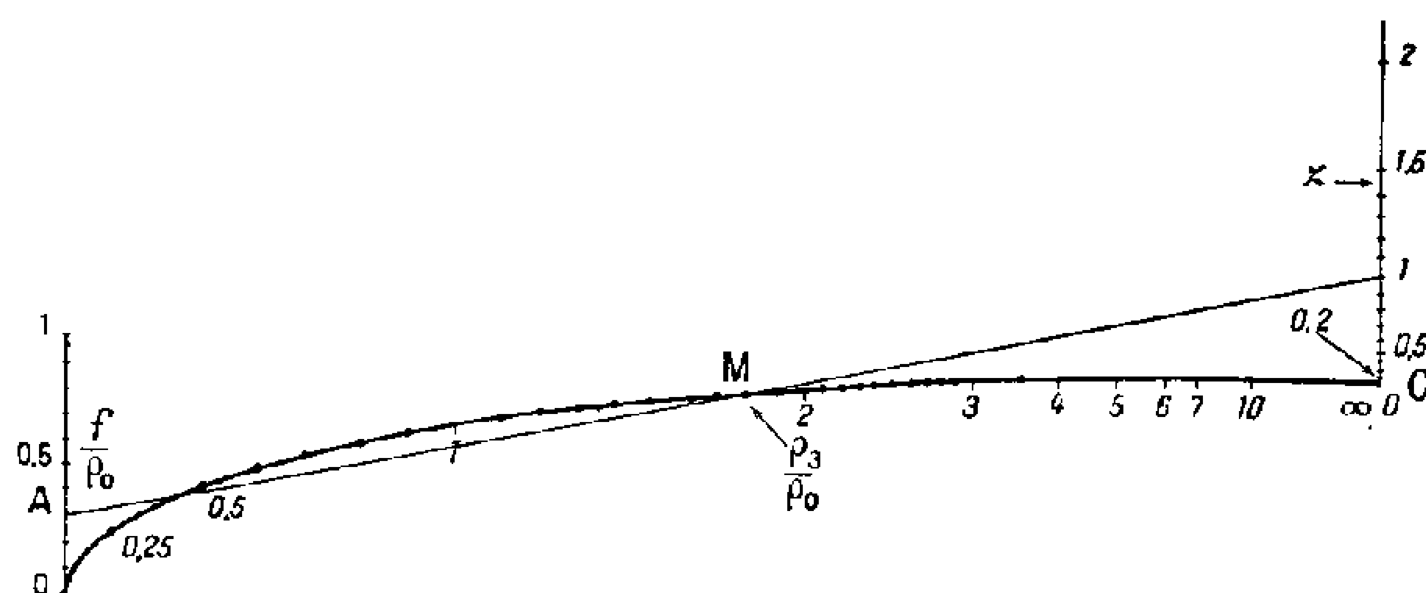
précédente devient, quel que soit ζ,

$$\mu_0 = \frac{\rho_1}{\rho_0}\sqrt{(\rho_3 + r_4 - \rho_0 - f)(\rho_3 - r_4 + \rho_0 - f)} \qquad \text{avec} \qquad r_4 = \sqrt{\left(\frac{\rho_3}{\cos\zeta}\right)^2 + \rho_0^2}.$$

L'abaque traduit aussi cette formule à condition d'y remplacer ρ_3 par $\rho_3/\cos\zeta$, et d'ajouter à f une flèche fictive $f' = \rho_3(1 - \cos\zeta)/\cos\zeta$.

Les graduations en z sur l'abaque se resserrent très rapidement au voisinage de zéro; les incertitudes expérimentales habituelles sur la position des points $A(f/\rho_0)$ et $M(\rho_3/\rho_0)$ ne permettent donc pas, lorsque z est petit, de discerner z de la valeur zéro.

Pratiquement, dès que z est au voisinage de 0,2, on n'a plus aucun renseignement sur la valeur de μ_0. On voit de même que lorsque ρ_3/ρ_0 est trop grand ou trop petit, on ne peut pas déterminer z avec précision. Pratiquement il faut que ce rapport oscille dans des limites de l'ordre 0,7 à 5. Enfin la tangente en C à l'échelle des ρ_3/ρ_0 étant horizontale, on se rend compte que la flèche ne peut jamais atteindre la valeur ρ_0.



Comme ρ en cm $= 1700/H$ gauss, si l'on veut mesurer avec précision la masse d'une particule, il faudra tout d'abord avoir un champ faible pour que ρ_0 ne soit pas trop petit et que l'on puisse mesurer avec précision f et ρ_3. Cela conduit à une valeur maximum du champ magnétique de l'ordre de 3500 gauss.

Il faudra ensuite que le moment cinétique de la particule incidente ne soit pas trop grand pour que $z > 0,2$. Ce moment cinétique maximum est de l'ordre de $2\mu_0 . 10^6$ eV. Lorsqu'on se donne H, il lui correspond une valeur maximum de ρ_1, et la précision que l'on désire sur ρ_1 permet de déterminer la longueur optima de la chambre de Wilson à employer pour la mesure d'une masse μ_0 donnée. Si l'on dispose d'une chambre de longueur supérieure à la longueur calculée, on peut alors diminuer utilement le champ magnétique. Ainsi, pour les mésotons de μ_0 autour

de 250, il suffit, pour une chambre d'environ 60^{cm} de long et pour une précision supérieure à 10 %, d'un champ de 1200 gauss; tandis que, pour des protons, pour avoir la même précision, il faut utiliser le champ de 3500 gauss et une chambre de longueur supérieure à 1^{m}.

La probabilité théorique d'obtenir un secondaire (³) tel que $\rho_3 > 0,7\,\rho_0$ peut se mettre sous la forme approchée : $P \sim 2\pi(e^2/m_0c^2)^2\, N\,l\,Z\,[\rho_0/(\rho_4 - \rho_0)]$ (l, longueur de trajectoire, N, nombre de molécules par unité de volume, Z, numéro atomique du gaz).

Cela donne pour une chambre de 60^{cm} remplie d'argon sous 3 ou 4 atmosphères un cliché de choc toutes les dix photographies environ.

Expérimentalement, l'existence d'une limite maximum du moment cinétique des particules incidentes pour pouvoir appliquer la méthode, conduit à filtrer dans le rayonnement pénétrant une bande d'énergie située au voisinage du maximum du spectre et ayant pour étendue la valeur de cette limite. L'existence de cette limite montre qu'actuellement, au delà d'un certain domaine d'énergie, la valeur de la masse au repos est incalculable par toute méthode, y compris la méthode du choc élastique.

PHOTOCHIMIE. — *Sur la destruction photochimique de l'acide ascorbique.* Note de M. **Michel Vacher** et Mlle **Yvonne Lortie**, présentée par M. Aimé Cotton.

La destruction photochimique de l'acide ascorbique est à la base d'une méthode classique de dosage de cet acide. Nous nous sommes proposé de rendre à la fois plus pratique et plus précise la technique de cette destruction (¹).

L'acide ascorbique présente, en solution dans l'eau, une bande d'absorption ultraviolette large de 440 Å (²) dont l'axe se situe vers 2650 Å. Il était naturel, pour réaliser la destruction photochimique de cette substance, d'utiliser l'action de radiations appartenant à cette bande.

Or la raie 2536,7 Å du mercure se trouve contenue dans cette bande, du

(³) H.-S. Bhabha, *Proc. of. Roy. Soc.*, A, 164, n° 917, 1938, p. 270.

(¹) A. Chevallier et Y. Choron, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 19, 1937, p. 511; *C. R. Soc. Biol.*, 124, 1934, p. 453.

(²) Nous appelons largeur de la bande la distance entre les radiations 2395 et 2835 Å pour lesquelles la densité optique est moitié de la densité maximum de la bande.

côté des grandes fréquences, le plus favorable à l'action photochimique (3).

Malheureusement, cette raie a les caractères d'une raie de résonance : dans le rayonnement des arcs jaillissant dans la vapeur de mercure sous des pressions de l'ordre de 100^{atm}, elle est renversée et étalée au point de donner dans le spectre une bande obscure de 60 Å environ (4); dans les arcs jaillissant dans la vapeur de mercure sous une pression voisine, en régime permanent, de la pression atmosphérique, elle est encore suffisamment renversée pour que son intensité résiduelle, due à ses ailes non absorbées, soit faible, et insuffisante pour réaliser, dans les conditions normales d'emploi, la destruction photochimique de l'acide ascorbique (5).

Nous avons pu réaliser cette destruction à l'aide du rayonnement de luminescence d'un tube commercial à vapeur de mercure fonctionnant sous basse pression, dont la radiation de résonance transporte à elle seule environ les deux tiers de la puissance totale rayonnée entre les raies 2302 et 5791 Å incluses. Le tube utilisé, en silice fondue, a une longueur de 4^m; il est enroulé en une hélice de diamètre 7^{cm} et de pas $0^{cm},5$. Il contient, en même temps qu'un peu de mercure, une petite quantité d'argon, qui diminue la tension d'amorçage du tube (6), et dont l'émission lumineuse disparaît dès l'établissement du régime permanent, quand la pression de la vapeur de mercure est devenue suffisante, puisque le potentiel de résonance de l'argon (11,59 volts) est supérieur au potentiel d'ionisation du mercure (10,38 volts). Le tube fonctionne avec une bonne stabilité, et la tension à ses bornes peut facilement être maintenue constante à 1 % près. En régime normal, il est alimenté en courant alternatif sous 11700 volts, et l'intensité qui le traverse varie très peu en fonction de la tension : un accroissement de 1 % de la tension entraîne un accroissement de 0,37 % de l'intensité; l'ensemble constitué par le tube et son transformateur, alimenté sous 115 volts, absorbe une puissance de 213 watts.

Nous avons étudié l'action du rayonnement de ce tube sur des solutions

---

(3) On pourrait d'ailleurs, si l'on en éprouvait le besoin, centrer exactement la bande sur 2536,7 Å; il suffirait d'opérer au pH convenable de 3,65 environ (calculé d'après des données extraites d'un travail de B. Skarzinski, *Bull. Ac. Pol. Sci.*, A, 1937, p. 462).

(4) La bande présente un bord à peu près net à 2533,7 Å, et un bord dégradé vers 2594 Å.

(5) Elle ne transporte dans ces conditions qu'environ 4 % de la puissance totale rayonnée entre les raies 2302 et 5791 Å incluses.

(6) Tension d'amorçage, 6800 volts.

aqueuses d'acide ascorbique au 1/100000e, protégées contre l'oxydation à l'oxygène de l'air par addition de 1/50000e de cyanure de potassium, et amenées au pH de 6,5 par addition de la quantité convenable d'acide chlorhydrique pur; la solution est introduite dans une cuve de silice cylindrique de 30mm de diamètre et de 10mm d'épaisseur; la cuve est placée au milieu de l'enroulement du tube, et y est soumise pendant des durées variables au rayonnement de régime permanent. La destruction est complète en 10 secondes; elle se traduit par la disparition de la bande d'absorption de l'acide ascorbique. La solution ainsi obtenue ne se distingue pas, par son spectre d'absorption, d'une solution aqueuse ne contenant que du cyanure de potassium à la même concentration, qui est elle-même insensible au rayonnement.

Le phénomène de destruction semble à peu près indépendant du pH de la solution : toutes les destructions effectuées sur des solutions de pH respectifs 6,5, 6,3, 4 et 1,7, et contenant aux mêmes concentrations l'acide ascorbique et le cyanure de potassium, ont été terminées en des temps compris entre 10 et 15 secondes.

La destruction photochimique de l'acide ascorbique en vue de son dosage s'effectue dans des solutions organiques complexes extraites des tissus végétaux ou animaux; il peut être avantageux, dans ce cas, de n'utiliser pratiquement qu'une radiation monochromatique : les substances étrangères photosensibles risquent moins d'être altérées par une radiation déterminée que par un spectre discontinu riche en raies d'intensités comparables, ou par un spectre continu qui contiendrait à coup sûr les radiations auxquelles elles sont sensibles.

En résumé, ce procédé, facile à mettre en œuvre avec un matériel relativement peu coûteux, conduit à une destruction photochimique rapide de l'acide ascorbique; la stabilité de fonctionnement du tube permet de doser avec précision l'éclairage nécessaire, et permettrait éventuellement de calculer un rendement quantique (7); enfin le caractère quasi monochromatique du rayonnement utilisé permet d'espérer, dans le cas d'une destruction en milieu organique complexe, une sélectivité intéressante de l'action photochimique.

---

(7) A. Chevallier et P. Dubouloz, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 18, 1936, p. 190.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation des complexes des acides tartrique et métatungstique*. Note de Mlles **Marcelle Murgier** et **Marguerite Cordier**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'addition d'un tungstate ou d'un molybdate à l'acide tartrique produit une énorme variation de pouvoir rotatoire et donne lieu à la formation de complexes bien définis qui ont été étudiés par M. E. Darmois pour les complexes molybdo-maliques et molybdo-tartriques [1].

L'analogie des acides tungstique et molybdique nous a amenées à étudier la formation des complexes tungsto-tartriques par action de l'acide métatungstique sur l'acide tartrique.

A cet effet, nous avons préparé des solutions équimoléculaires d'acide tartrique et d'acide métatungstique, obtenues par décomposition du métatungstate de baryum par l'acide sulfurique, et nous avons étudié le mélange contenant x^{cm^3} de TH^2 et $(20-x)^{cm^3}$ de $W^4O^{13}H^2$.

Ce mélange présente une mutarotation importante qui dure plusieurs semaines. Les rotations finales ne peuvent être déterminées; les différentes solutions s'altèrent progressivement et d'autant plus vite qu'elles contiennent plus d'acide métatungstique. Nous avons essayé d'accélérer la mutarotation par chauffage des solutions pendant plusieurs heures à une température comprise entre 50° et 60°. Mais les solutions floculent alors plus rapidement, l'acide métatungstique se transformant probablement en acide tungstique.

Les rotations sont observées sous 2 dm pour la raie verte du mercure et la dispersion est mesurée par le quotient des deux rotations pour les raies jaune et indigo.

La dispersion des solutions, anormale au début, devient ensuite supérieure à celle de l'acide tartrique. C'est donc qu'il se forme au moins deux composés : l'un gauche, qui apparaît pendant les premiers temps de la réaction, l'autre droit.

Pour observer la formation du composé gauche, nous avons ralenti la mutarotation en opérant à 0°. Pour l'étude du composé droit, les rotations sont mesurées à 20°.

Voici deux tableaux donnant, le premier les valeurs de α_V, le second les

---

[1] *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1140

valeurs de la dispersion, pour des solutions titrant $0^{mol},575$ au litre. La première ligne de chaque tableau se rapporte au composé gauche et les autres au composé droit.

x	4.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	16.	20.
α_V à 0° (t 10 m)	0,15	0,26	0,34	0,45	0,53	0,61	0,75	0,83	0,96	1,09	1,36	2,30
20° (1 j)	1,03	1,48	1,65	1,87	2,06	2,17	2,30	2,33	2,37	2,36	2,33	2,70
20° (2 j)	–	2,16	2,50	2,84	3,12	3,50	3,87	3,88	4,22	4,44	4,37	–
$\alpha_I : \alpha_J$ à 0° (t 10 m)	−0,92	0,03	0,05	0,11	0,16	0,26	0,45	0,47	0,50	0,60	0,72	–
20° (1 j)	1,59	1,57	1,55	1,54	1,54	1,49	1,47	1,43	1,38	1,35	1,28	1,15
20° (2 j) (après chauffage)	–	1,70	1,70	1,70	1,69	1,68	1,67	1,67	1,65	1,64	1,61	–

L'écart maximum entre la rotation du mélange et celle que l'on déduirait de la formule d'additivité paraît donner pour le composé gauche la formule $1\,TH^2 - 1\,W^4O^{13}H^2$.

Quant au composé droit, il semble qu'au bout d'un jour il ait encore la formule $1\,TH^2 - 1\,W^4O^{13}H^2$, mais la mutarotation continue et progressivement les solutions floculent.

L'étude du composé droit sera reprise par une autre méthode.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'importance radiobiologique de l'activation de l'oxygène*. Note de MM. **Jean Loiseleur**, **Raymond Latarjet** et Mlle **Thérèse Caillot**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'irradiation de l'eau, en présence ou en l'absence d'oxygène dissous, laisse entrevoir le rôle essentiel que pourrait jouer l'activation de l'oxygène dans les actions radiobiologiques.

Certains auteurs ont déjà montré (1) que la formation d'eau oxygénée dans l'eau irradiée est liée à la présence d'oxygène dissous : si l'eau irradiée a été soigneusement débarrassée d'oxygène, la quantité d'eau oxygénée formée devient si faible qu'elle échappe à la réaction au chlorure de titane.

I. La méthode très sensible de dosage proposée par Denigès (2) nous a

(1) O. Risse, *Z. für Physik. Chemie*, **140**, 1929, p. 113.; C. V. Taylor, J. O. Thomas et M. G. Brown, *Physiol. Zool.*, 6, 1933, p. 467; H. Fricke, *J. Chem. Phys.*, 2, 1934, p. 349; *Symposia on Quantitative Biology*, **2**, 1934.

(2) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 196.

permis de préciser cette intervention de l'oxygène dissous en comparant les effets d'une même dose de rayons X sur une solution aqueuse : 1° saturée d'oxygène; 2° privée d'oxygène.

Les solutions étaient constituées par de l'eau bidistillée, additionnée de tampon de Clark et Lubs, de façon à définir le pH. Ces solutions étaient enfermées dans des boîtes à parois de verre mince, profondes de 4^{mm}. Les conditions d'irradiation ont été identiques dans tous les cas : raie $K\alpha$ de Mo, filtrée sur $0^{mm},05$ de Al; 17,5 kV; 36 mA; intensité à la surface de la boîte, 40000 r/minute, à la surface de l'eau, 20000 r/minute; durée de l'irradiation, 30 minutes; dose administrée, 600 000 r.

En l'absence d'oxygène (milieux préalablement soumis à l'ébullition et manipulés ensuite à l'abri de l'air), l'irradiation ne permet de déceler que la formation d'une quantité très faible d'eau oxygénée. Au contraire, en présence d'oxygène (milieux préalablement saturés par barbotage de ce gaz), l'irradiation entraîne la formation de quantités beaucoup plus importantes [3] d'eau oxygénée, et ceci dans tout le domaine biologique du pH. Voici les quantités d'eau oxygénée formée, exprimées en milligrammes par litre :

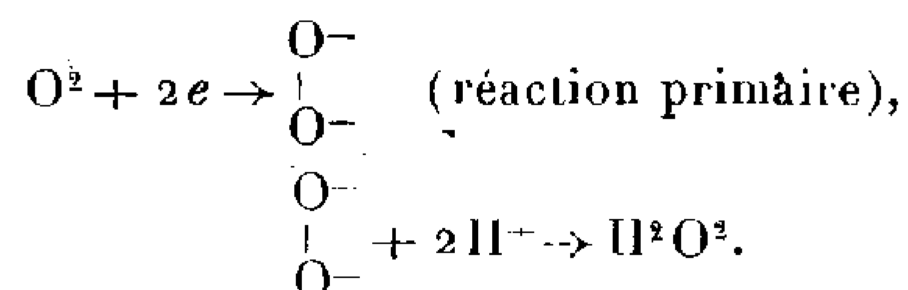
		pH....... 2,2.	7.	9.
H^2O^2 formée	solution privée d'oxygène.. .	0,3	0,24	0,24
	» saturée »	4,8	6	3,6

II. Le schéma proposé antérieurement par Piffault [4] pour la formation de l'eau oxygénée



$$2\,H^2O \rightarrow H^2O^2 + H^2$$

ne permettrait pas d'interpréter l'intervention de l'oxygène. Nos expériences mettent au contraire en évidence l'activation primaire de l'oxygène [5], ce dernier pouvant alors réagir secondairement sur les ions H^+ rencontrés dans le milieu, et jouer ainsi le rôle d'accepteur :



$$O^2 + 2e \rightarrow \begin{matrix} O^- \\ | \\ O^- \end{matrix} \quad \text{(réaction primaire)},$$

$$\begin{matrix} O^- \\ | \\ O^- \end{matrix} + 2H^+ \rightarrow H^2O^2.$$

---

(3) Ces quantités sont superposables à celles mesurées par Bonèt-Maury dans de l'eau irradiée par des doses équivalentes de radon (*C. R. Soc. Biol.*, **135**, 1941, p. 941).

(4) *C. R. Soc. Biol.*, **130**, 1939, p, 43.

(5) Cette activation est réalisée, soit directement par les corpuscules chargés que le rayonnement libère dans le liquide, soit, ce qui paraît plus probable, par l'intermédiaire des molécules d'eau activées

III. Un tel mécanisme n'est pas exclusif de l'activation de toute autre molécule présente, *à l'état libre*, dans le milieu irradié. Mais comme, dans les conditions d'irradiation des milieux biologiques, c'est l'oxygène qui est toujours présent, on est conduit à attribuer, en radiobiologie, un rôle important à l'activation de l'oxygène moléculaire. L'accepteur d'oxygène peut être constitué par toute molécule rencontrée par cet atome excité : dans le cas où cette molécule est indispensable à la vie d'une cellule, son oxydation *directe* serait l'origine d'une radiolésion élémentaire. Parallèlement, les ions hydrogène présents dans le milieu cellulaire peuvent également intervenir comme accepteur, en entraînant la formation concomitante d'eau oxgénée.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Application de la méthode de dégazage par bombardement électronique au dosage des gaz dans les aciers nickel-chrome.* Note de M. **Léon Moreau**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les gaz contenus dans les aciers spéciaux nickel-chrome peuvent modifier leurs propriétés telles que la tenue à la corrosion, la soudabilité au verre et même leur stabilité. Il était donc intéressant de pouvoir les doser. Nous avons utilisé pour cela notre méthode de dégazage par bombardement électronique (1) et (2).

Le tableau ci-contre groupe les résultats d'un certain nombre de nos mesures. Nous constatons que tous les alliages contenant du chrome renferment des quantités d'azote plus ou moins grandes. Notre méthode de dégazage implique que les atomes combinés au métal puissent diffuser à la température ordinaire jusqu'à la surface. Or nous avons déjà publié que ce cheminement de l'azote ne se produit, dans l'aluminium, qu'en présence d'une certaine concentration en hydrogène (2). Il n'était donc pas démontré, *a priori*, que notre méthode donnait un chiffre correct pour l'azote. Nous avons donc contrôlé ce dosage par une analyse chimique de l'azote, dont le principe est le même que celui de la méthode de Kjeldahl. Nous avons opéré de la façon suivante : le métal est mis en solution dans un acide; l'azote combiné donne naissance au sel d'ammonium de cet acide. La distillation, en présence d'un excès de soude, permet de recueillir

(1) Méthode Chaudron-Moreau, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 212.
(2) Moreau, *Thèse*, Lille, 1938.

ensuite la totalité de l'ammoniac qui est dosé au moyen d'une solution titrée d'acide d'où l'on déduit le titre en azote du métal.

Nature du métal.	Dosage par bombardement électronique. cm³ pour 100^g de métal.	Composition des gaz, cm³ pour 100^g de métal CO.	H².	N².	N² dosé par voie chimique, cm³ pour 100^g de métal.
Nickel pur en fils 0^{mm},3....	63	22,5	40,5	néant	néant
Nickel électrolytique recuit (feuille de 1^{mm}).........	54	12	42	néant	néant
Nickel commercial (feuilles de 1^{mm})................	80,5	23	57,5	néant	néant
Nickel commercial (feuilles de 2^{mm})................	88	13,2	74,8	néant	néant
Acier inoxydable 18/8 (*e*, 1^{mm})................	64,5	9	27	28,5	31
Austénite au chrome (*e*, 1^{mm})................	67	15	29,5	22,5	24
Alliage FeNiCoTi (Ni, 79; Co, 18; Fe, 2; Ti, 0,8)....	54	néant	35	19	20
Alliage CoNiFe (Ni, 54,5; Co, 44,5; Fe, 1).........	75,5	6,6	63	5,9	6,5
Alliage NiCr pour résistance électrique.........	90	33	27	30	28
Alliage NiCr (Si, 1,25; Ni, 76; Cr, 20; FeAl, 2,7)...		–	–	–	–

Cette méthode de dosage volumétrique offre une précision bien suffisante puisqu'elle permet de déceler des quantités d'azote inférieures à 0,0025 %, soit 2$^{cm^3}$ d'azote pour 100^g de métal.

L'examen du tableau ci-dessus permet de constater une bonne concordance des résultats obtenus par les deux méthodes de dosage de l'azote (moins de 10 % près). Les échantillons de nickel étudiés ne contiennent pas d'azote.

On pouvait se demander si les méthodes ordinaires de chauffage dans le vide ou de fusion permettaient d'obtenir le même résultat.

Nos expériences ont été faites dans un four à induction où l'on maintient aisément un vide de l'ordre de 10^{-4} mm aux températures comprises entre 1200 et 1600°. Les derniers essais ont porté sur l'alliage pour résistance électrique de composition Si 1,25; Ni 76; Cr 20; Fe Al 2,7. Étant

donné les très hautes températures auxquelles il faut porter le métal, ces techniques sont particulièrement délicates et coûteuses. Comme le montre le tableau ci-dessous, elles ne donnent pas un dosage complet des gaz. Toutefois la fusion dans le vide par chauffage à haute fréquence permet d'obtenir des chiffres assez voisins des précédents. Dans ce tableau nous

	Volumes extraits par bombardement électronique.				N^2 dosé par voie chimique,
	cm³ pour 100g de métal.	Composition des gaz, cm³ pour 100g de métal			cm³ pour 100g de métal.
Traitement subi par le métal.		CO.	H^2.	N^2.	
Métal avant traitement.......	79	16	22	41	44
Métal maintenu à 1300/1400° pendant 2 heures..........	73	12,5	20,5	40	42
Métal fondu dans le vide à 1600° pendant 2 heures..........	13,5	3,5	10	néant	néant

indiquons les gaz résiduels dosés par la méthode du bombardement. On constate que l'azote peut être extrait complètement par fusion du métal, ce que nous avions déjà constaté pour l'aluminium.

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Classification des fréquences de diffusion Raman d'après le système cristallin.* Note de M. **Jean Barriol**, présentée par M. Charles Mauguin.

L'étude expérimentale du spectre Raman des cristaux permet de classer les vibrations en familles, suivant leurs caractères de polarisation. La théorie des groupes conduit à des résultats importants, en étudiant la réduction de la représentation du groupe G du cristal, constituée par le tenseur du deuxième ordre qui lie le moment électrique M induit pour une maille, au champ électrique E de l'onde lumineuse excitatrice. Pour chacune des oscillations propres du cristal, l'activité optique, au point de vue Raman, est définie par la part du tenseur dépendant de la coordonnée normale du mouvement (ou des coordonnées normales si l'oscillation est dégénérée). Nous avons étudié les différents types de cristaux et avons montré que seul intervenait le groupe fini, obtenu en confondant deux opérations du groupe total conjuguées par rapport à une translation du

réseau. Chaque groupe sera désigné par son symbole dans la classification internationale. Nous désignerons par q la coordonnée normale d'une oscillation simple, par u, v, w les coordonnées normales d'une oscillation dégénérée. Nous avons obtenu la liste suivante :

A. *Groupes* (2), (m), ($2/m$). — Il existe deux familles de raies correspondant à des oscillations simples. Le système trirectangle de référence est tel que l'axe binaire (ou la normale au plan de réflexion) est pris comme axe des z. Les tenseurs qui définissent respectivement les caractères de polarisation de ces deux familles sont :

$$1.\ \begin{cases} M_x = aqE_x + mqE_y, \\ M_y = mqE_x + bqE_y, \\ M_z = cqE_z; \end{cases} \qquad 2.\ \begin{cases} M_x = nqE_z, \\ M_y = pqE_z, \\ M_z = nqE_x + pqE_y. \end{cases}$$

B. *Groupes* (2, 2), (2, m), ($2/m$, m). — Il leur correspond quatre familles de raies correspondant chacune à des fréquences simples. Les axes et les variables sont les mêmes que dans le cas précédent, en utilisant les éléments de symétrie du groupe

$$1.\ \begin{cases} M_x = aqE_x, \\ M_y = bqE_y, \\ M_z = cqE_z; \end{cases} \quad 2.\ \begin{cases} M_x = 0, \\ M_y = pqE_z, \\ M_z = pqE_y; \end{cases} \quad 3.\ \begin{cases} M_x = nqE_z, \\ M_y = 0, \\ M_z = nqE_x; \end{cases} \quad 4.\ \begin{cases} M_x = mqE_y, \\ M_y = mqE_x, \\ M_z = 0. \end{cases}$$

C. *Groupes* (3), ($\bar{3}$), (3, 2), (3, m), ($\bar{3}$, 2). — On a ici deux familles composées, la première de fréquences simples, la seconde de fréquences dégénérées du premier ordre. L'axe ternaire est pris comme axe des z, et nous utiliserons les variables $x_{\pm} = x \pm iy$ et x_z

$$1.\ \begin{cases} M_+ = aqE_+, \\ M_- = aqE_- \\ M_z = bqE_z; \end{cases} \quad (a,\ b \text{ réels}),$$

$$2.\ \begin{cases} M_+ = au\,E_- + bv\,E_z, \\ M_- = a^*vE_+ + b^*uE_z \\ M_z = b^*uE_+ + bv\,E_-. \end{cases} \quad (a,\ b \text{ complexes};\ v = u^* \text{ conjugué complexe de } u).$$

D. *Groupes* (4), ($\bar{4}$), ($4/m$). — Ils donnent trois types dont deux simples. Avec les notations précédentes, on a

$$1.\ \begin{cases} M_+ = aqE_+, \\ M_- = aqE_-, \\ M_z = bqE_z; \end{cases} \quad 2.\ \begin{cases} M_+ = aq\,E_-, \\ M_- = a^*qE_+, \\ M_z = 0; \end{cases} \quad 3.\ \begin{cases} M_+ = au\,E_z, \\ M_- = a^*v\,E_z, \\ M_z = a^*vE_+ + auE_-. \end{cases}$$

E. *Groupes* (6), $(\overline{6})$, (6/*m*), (3/*m*, 2), (6, 2), (4, 2) (4, *m*), (4/*m*, 2), $(\overline{4}, 2)$. — Pour tous ces groupes, nous avons trois familles de raies dont une seule correspond à une fréquence simple,

$$1.\ \begin{cases} M_+ = aq\,E_+, \\ M_- = aq\,E_-, \\ M_z = bq\,E_z; \end{cases} \qquad 2.\ \begin{cases} M_+ = au\ E_-, \\ M_- = a^* v\,E_+, \\ M_z = 0; \end{cases} \qquad 3.\ \begin{cases} M_+ = au\ E_z, \\ M_- = a^* v\,E_z, \\ M_z = a^* v\,E_+ + au\,E_-. \end{cases}$$

F. *Groupes* (2, 3), (2/*m*, 3), $(\overline{4}, 3)$, (4/*m*, 3). — Le triédre de référence est constitué par les trois axes binaires de (2, 3) qui deviennent les axes quaternaires de (4, 3). Nous avons trois familles de raies correspondant respectivement à des fréquences simples, doubles et triples

$$1.\ \begin{cases} M_x = aq\,E_x, \\ M_y = aq\,E_y, \\ M_z = aq\,E_z; \end{cases} \qquad 2.\ \begin{cases} M_x = au\,E_x, \\ M_y = a\left(-\frac{u}{2} + v\right)E_y, \\ M_z = a\left(-\frac{u}{2} - v\right)E_z; \end{cases} \qquad 3.\ \begin{cases} M_x = aw\,E_y + av\,E_z, \\ M_y = aw\,E_x + au\,E_z, \\ M_z = av\,E_x + au\,E_z. \end{cases}$$

Ces résultats ont été obtenus au moyen de la théorie des groupes et servent de conclusion à un travail sur les règles de sélection et de polarisation concernant les raies de diffusion et d'absorption dans les cristaux, ainsi que des procédés pour le calcul des fréquences. Deux applications ont été faites pour la calcite et le sel gemme. En ce qui concerne le spectre Raman de la calcite, nous montrons que les quatre fréquences propres à l'ion CO_3^{--} se répartissent en deux simples ω_1 et ω_2 appartenant au type (1) (catégorie C), et en deux dégénérées ω_3 et ω'_3 au type (2). Il doit en résulter notamment que si le vecteur E de la lumière excitatrice est parallèle à l'axe du cristal, l'observation faite normalement à l'axe ternaire conduit pour les raies ω_1 et ω_2 à une direction de polarisation parallèle à l'axe ternaire, et pour ω_3, ω'_3 à une direction perpendiculaire, donc parallèle au rayon lumineux d'excitation. L'observation faite suivant l'axe ternaire permet d'obtenir pour ω_3, ω'_3 une vibration totalement dépolarisée, ce qui s'explique par le fait que les deux coordonnées *u* et *v* d'une même oscillation dégénérée présentent un rapport arbitraire d'amplitude et de phase.

Pour le sel gemme, nous concluons à l'existence d'une seule fréquence dégénérée du second ordre, active seulement en ce qui concerne l'absorption infrarouge.

BOTANIQUE. — *Sur la dichotomie anormale des organes foliacés.* Note de M. A.-G. Parrot, présentée par M. Auguste Chevalier.

Les organes foliacés, feuilles ou lames cotylédonaires (*fig.* 1), présentent parfois une nervure médiane en fourche (*fig.* 2) ou même deux lobes voisins accompagnés d'une nervures propre (*fig.* 3). Dans des cas extrêmes (*fig.* 4), deux feuilles voisines

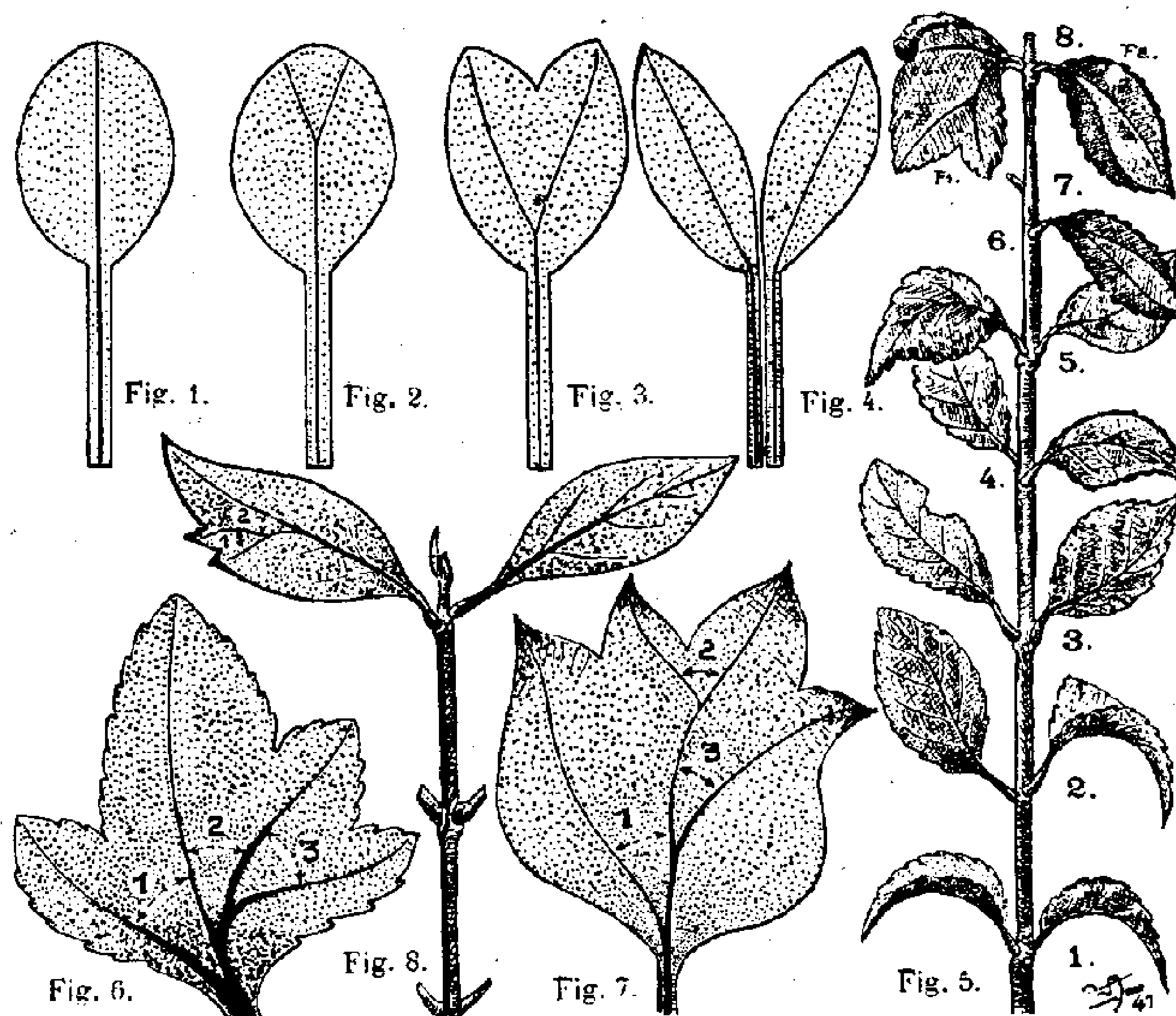


Fig. 1 à 4 : Schémas d'organes foliacés anormaux. — Fig. 5 : Rameau de Fusain en demi-grandeur. — Fig. 6 : Feuille anormale de Fusain. — Fig. 7 : Feuille anormale de Lilas. — Fig. 8 : Feuilles de Troëne (un peu réduit).

sont simplement associées par l'intermédiaire de leur pétiole respectif et paraissent ainsi dériver d'une partition longitudinale de leur limbe. Ces anomalies, assez fréquentes chez les Angiospermes, sont l'objet de deux explications concurrentes :

1° Certains auteurs pensent que deux feuilles voisines se sont soudées plus ou moins intimement par leurs marges les plus rapprochées. Il y aurait *concrescence congénitale*; et pour adopter la terminologie employée, *syncotylie* ou *gamocotylie* dans le cas des organes cotylédonaires;

2° D'autres pensent au contraire que l'organe anormal a été l'objet d'une *division* plus ou moins profonde de son limbe ou simplement de la nervure médiane. Il y aurait même *dichotomie* dans la plupart des cas, ce phénomène représentant à leurs yeux la réapparition accidentelle de la nervation dichotomique considérée comme

caractère ancestral. Pour les cotylédons, on parle de *schyzocotylie*, synonyme de division, et opposé au terme de *gamocotylie*.

Le choix entre ces deux hypothèses est difficile, car jusqu'à présent ni l'une ni l'autre n'a été véritablement étayée par des preuves anatomiques réelles. Cependant, après les nombreux travaux de P. Bugnon en particulier [(1) et (2) par exemple], j'ai montré moi-même récemment que grâce à l'étude de la phyllotaxie et de cas intermédiaires nombreux (3) et (4), on pouvait accorder sa préférence à l'hypothèse de la division dichotomique. Cette Note a pour but de préciser l'affirmation précédente.

Il s'agit en l'espèce d'un rameau de Fusain cultivé (*Evonymus Japonicus* Thunb), récolté à Biarritz dans une haie de la Villa La Favorite, le 12 février 1941 (*fig.* 5). C'est une jeune pousse de l'année présentant sept nœuds qui sont pourvus de bas en haut : nos 1, 2, 3, 4, 5, chacun de deux feuilles opposées normales. La phyllotaxie est donc conservée jusqu'au nœud n° 6 qui ne présente qu'une feuille bifide. Le nœud n° 7 n'en possède également qu'une normale, ce qui prouve sans doute à la dissociation d'un nœud unique étiré entre 6 et 7. Le nœud n° 8 présente au contraire deux feuilles anormales opposées. L'une, F 1, possède quatre lobes bien distincts accompagnés chacun d'une nervure médiane (*fig.* 6). L'autre est pourvue d'une nervure médiane en fourche dès la base (F 2, *fig.* 5).

La nervation de l'organe F 1 montre qu'il est affecté évidemment de trois dichotomies successives (1, 2, 3) ayant amené la fission correspondante du limbe en quatre parties. Ce fait est à rapprocher de celui qui affecte une feuille de Lilas (*Syringa* Sp.) (*fig.* 7) récoltée à Dijon en 1935 dans les haies taillées de la butte de Talant et opposée à une autre normale sur un rameau d'allure phyllotaxique ordinaire. De même, la feuille de Troëne (*Ligustrum ovalifolium* Hassk.), opposée à une autre normale (*fig.* 8), est affectée d'un phénomène identique, chaque nervure s'accompagnant aux sommets limbaires d'hydathodes normaux.

Dans tous ces cas, l'hypothèse d'une concrescence de plusieurs feuilles voisines est battue en brèche par le fait que : 1° la phyllotaxie est par ailleurs normale sur les rameaux envisagés; 2° qu'il faudrait invoquer la présence insolite et hypothétique d'au moins 6 feuilles au nœud litigieux et à celui-là seulement pour le premier cas, 5 feuilles pour le second et 4 pour le troisième, pour imaginer qu'une concrescence ait pu avoir lieu au cours du développement embryonnaire.

Ceci, à mon sens, est tellement problématique et si malaisément explicable qu'il me paraît difficile de retenir cette hypothèse. La division dichotomique, au contraire, a au moins l'avantage de s'appuyer sur des faits réels et visibles, comme la phyllotaxie habituelle des rameaux étudiés par exemple. En outre et surtout, son caractère ancestral reconnu par de nombreux auteurs et sa simplicité font qu'on est en droit de lui accorder autant de crédit, sinon plus, qu'à l'hypothèse concurrente.

---

(1) *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1805.

(2) P. Bugnon, *Bull. Soc. Linn. de Normandie*, 7e série, 6, Caen, 1923, p. 16.

(3) P. Bugnon et A.-G. Parrot, *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 332.

(4) A.-G. Parrot, *Bull. Sc. de Bourgogne*, 8, 1938, p. 161.

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur la localisation de la lignine dans la membrane végétale*. Note de M. **André Dauphiné**, présentée par M. Marin Molliard.

J'ai montré [1] que la pectose des membranes pecto-cellulosiques était localisée non seulement dans la lamelle moyenne, mais aussi dans des couches concentriques où elle se trouve mélangée à de la cellulose alternant avec des couches plus sûrement cellulosiques.

J'ai, depuis, appliqué les mêmes procédés de recherche (action des dissolvants des principaux constituants de la membrane combinée avec celle de leurs colorants spécifiques) à l'étude des membranes ligninifiées chez lesquelles van Wisselingh [2] a déjà signalé, dans des endodermes, l'alternance de couches ligninifiées avec des couches plus riches en cellulose, la lignine étant associée à la pectose ou à une hémicellulose; il est d'autre part bien connu que la lamelle moyenne des éléments ligninifiés présente, avec une intensité particulière, les réactions de la lignine.

Mes recherches ont porté sur le parenchyme ligninifié de la moelle de Clématite (*Clematis Vitalba*), sur les éléments de soutien de l'anneau vasculaire secondaire des tiges de Fusain (*Evonymus japonicus*) et du Pin (*Pinus silvestris*). Chez tous ces éléments, les réactions de la lignine (phloroglucine, sulfate d'aniline, réactif de Maule) ont montré effectivement des stries concentriques fortement colorées alternant avec des stries plus ou moins incolores. Les réactifs de la cellulose (solution iodoiodurée, et acide sulfurique, acide iodhydrique fumant iodé) ont fourni une contre-épreuve en mettant en évidence l'alternance de couches colorées en bleu, par conséquent cellulosiques, avec les couches ligneuses colorées en jaune.

Les mêmes réactions effectuées sur des coupes traitées par l'hypochlorite de soude pendant un temps suffisant ont donné les résultats suivants : réactifs de la lignine, négatifs; réactifs, de la cellulose, coloration générale bleue, la lamelle moyenne et parfois certaines stries plus pâles.

L'action combinée du rouge de ruthénium et de la liqueur cupro-ammoniacale de Schweitzer sur les éléments délignifiés m'a donné des résultats tout à fait comparables à ceux que j'avais obtenus pour les membranes pecto-cellulosiques [3] : coloration rouge de la lamelle

---

[1] *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 1046.

[2] *Die Zellmenbran* (*Handbuch der Pflanzenanatomie*, 3, 1924, p. 93).

moyenne et de couches concentriques montrant leur caractère pectique antérieurement masqué par le caractère ligneux; absence de coloration et gonflement des couches cellulosiques.

Enfin, sur du matériel dépectosé, la localisation de la lignine ne peut encore être décelée par ses réactifs spécifiques, principalement dans la lamelle moyenne.

L'ensemble de ces observations confirme et précise la coïncidence de la localisation des substances pectique et ligneuse dans la lamelle moyenne et dans certaines des couches concentriques qui constituent l'épaississement des membranes. Or j'ai apporté antérieurement un certain nombre de faits de nature à montrer que, dans la lamelle moyenne, au moins à l'état jeune, et dans les stries d'accroissement, la pectose se trouve mélangée à de la cellulose. Sans que l'on puisse affirmer que les régions les plus cellulosiques sont totalement dépourvues de substances pectique ou ligneuse, il paraît donc que la cellulose de la lamelle moyenne et celle de certaines couches d'accroissement présentent des propriétés particulières d'adsorption vis-à-vis de la pectose et de la lignine. D'autre part, le caractère pectique précédant toujours le caractère ligneux, on peut se demander si la pectose ne constitue pas un intermédiaire nécessaire ou tout au moins favorable entre la cellulose et la lignine. Il y aurait alors à considérer deux affinités successives : la première de la pectose vis-à-vis d'une cellulose, ou hémicellulose, la deuxième de la lignine vis-à-vis de la pectose.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Potentiel d'oxydo-réduction du système méthémoglobine-hydroperoxyde d'éthyle.* Note de MM. **Michel Polonovski**, **Max-Fernand Jayle** et Mlle **Gabrielle Fraudet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le mécanisme de l'action des peroxydases et la nature même de la participation du fer porphyrinique à la réaction enzymatique restent encore discutés.

Trois hypothèses concernant le rôle de l'ion ferreux dans les réactions d'oxydation se partagent en effet l'opinion des biochimistes. Mais, si l'on écarte celle de la mise en jeu de radicaux, difficile à transposer de la catalyse minérale à la catalyse enzymatique, il ne reste que deux possibilités, selon qu'on suppose ou non la nécessité d'un changement de valence du métal.

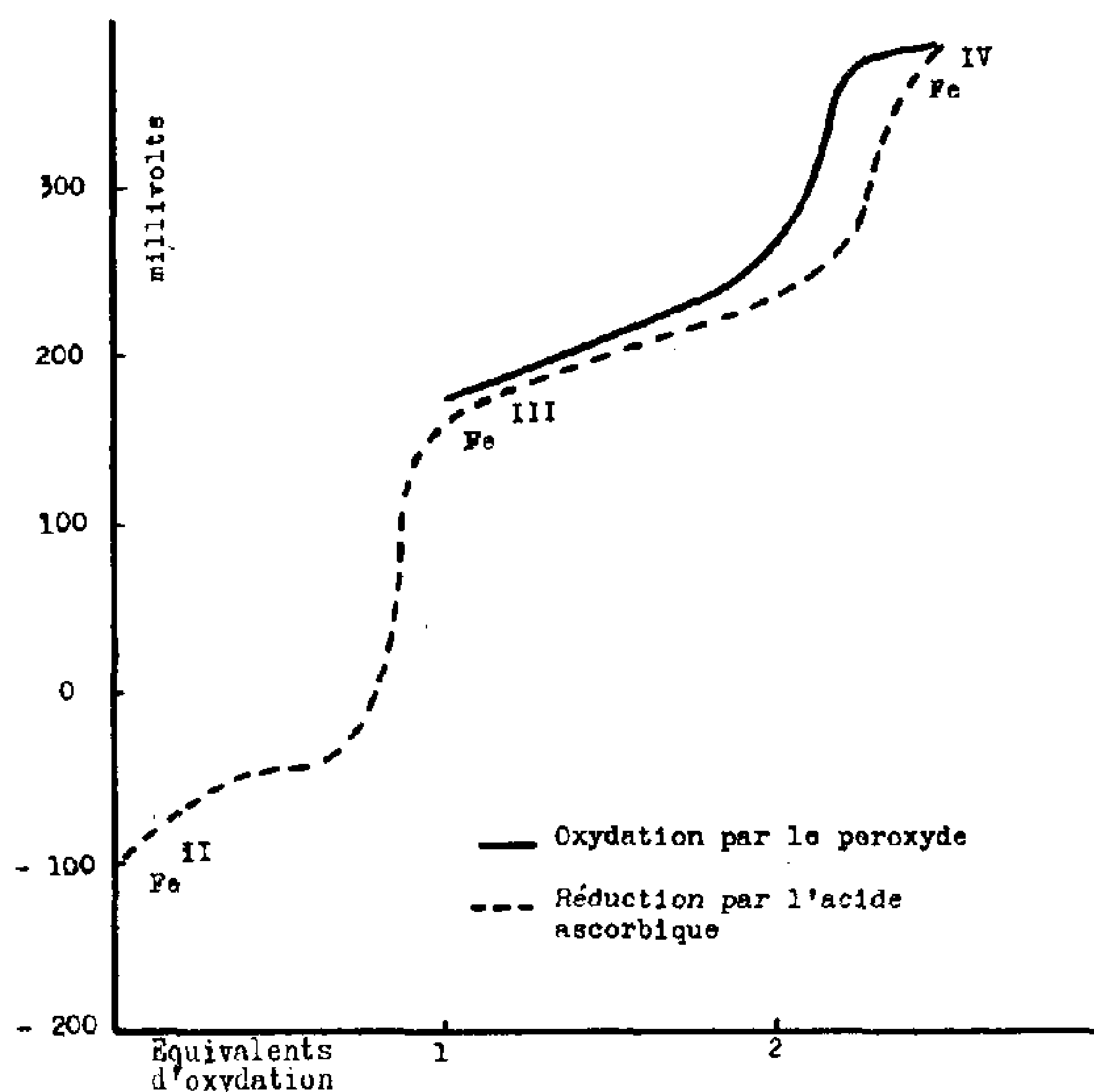
La plupart admettent, avec Wieland, que le fer intervient sans changement de valence, grâce à sa double affinité pour le peroxyde et le substrat, en rapprochant les deux partenaires de la réaction. Certains même supposent que l'activation porte essentiellement sur le substrat hydrogéné, faisant ainsi de la peroxydase une véritable polyphénol-déhydrase, le peroxyde ne jouant que le rôle d'un simple récepteur d'hydrogène. Une telle interprétation nous semble absolument contraire à l'observation des réactions peroxydasiques du pigment sanguin, l'affinité spécifique intéressant presque exclusivement le peroxyde : elle s'oppose aussi à l'indifférence de la peroxydase à l'égard du donneur d'hydrogène. En l'absence de substrat, le dérivé méthémoglobine-hydroperoxyde, très stable au voisinage de la neutralité et à basse température, se détruit spontanément en milieu acide, ce qui ne saurait se concevoir sans une réaction entre le pigment sanguin et le peroxyde. Ces arguments nous avaient fait pencher vers l'hypothèse de Manchot et Job, selon laquelle l'ion ferreux se transforme, en présence de peroxyde, en un dérivé tétra-ou pentavalent dont l'instabilité permet d'interpréter certaines catalyses minérales. C'est pour préciser ce mécanisme que nous avons entrepris l'étude électrochimique de l'action de l'hydroperoxyde d'éthyle sur la méthémoglobine.

Nous avons utilisé la technique classique d'étude des potentiels d'oxydo-réduction sous atmosphère d'azote. Nous opérions par additions progressives d'une solution d'hydroperoxyde d'éthyle de concentration N/50 à une solution de méthémoglobine de concentration M/1000, tamponnée par une solution de phosphates. Une électrode au calomel complétait l'élément de pile dont la force électromotrice était mesurée par la méthode d'opposition, dès que l'équilibre du système était atteint. Des mesures à une température de 15° s'étant révélées infructueuses, par suite de l'instabilité du dérivé intéressant notre étude et de la lenteur relative de l'établissement d'un potentiel stable, nous avons opéré à 1°, l'autoxydation du pigment étant alors très ralentie. De la sorte, et en travaillant le plus rapidement possible, nous avons réussi à préciser l'allure des courbes pour différentes valeurs du pH.

A pH 6,5 le potentiel croît rapidement, mais tend vers une valeur limite quand 1,25 équivalent d'hydroperoxyde d'éthyle a réagi. L'instabilité du dérivé déplaçant la courbe vers la droite, on peut admettre que la réaction ne nécessite qu'un seul équivalent, comme en témoigne d'ailleurs la réduction par l'acide ascorbique. Le potentiel passe ainsi de 175 à 385 millivolts. Sur le graphique ci-après, nous avons fait précéder la représentation de ces variations par la courbe en S relative au système Hb-Mét Hb, déterminée

expérimentalement par réduction, et tout à fait analogue à celles déjà obtenues par Conant.

Il apparaît que le fer hémoglobinique passe par deux états successifs



d'oxydation : l'un, trivalent, caractéristique de la méthémoglobine, l'autre, tétravalent, formé par action de l'hydroperoxyde sur le fer méthémoglobinique.

L'existence d'un dérivé instable de la méthémoglobine à fer tétravalent permet d'affirmer que l'activité peroxydasique de celle-ci s'effectue bien grâce à un changement de valence du métal.

Les biochimistes sont actuellement d'accord pour reconnaître que le fer porphyrinique du coenzyme des peroxydases végétales et animales est à l'état d'ion trivalent. Il nous est dès lors possible, à la lumière de nos résultats, de comprendre le rôle de la porphyrine ferrique, et d'affirmer sa participation intime à la réaction, cette participation étant liée à la formation d'un dérivé d'oxydation supérieure, instable, responsable de la transformation du substrat. Son instabilité extrême le soustrait à l'observation expérimentale, lorsqu'on se rapproche des conditions de son action biologique. Aussi avons-nous dû, au cours de notre recherche, pour stabiliser le dérivé étudié, nous éloigner des conditions optima de l'activité peroxydasique en modifiant la température et le pH du milieu.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Développement hypertrophique de l'ébauche femelle du tractus génital de* Rana temporaria *sous l'action de l'œstradiol.* Note de M. **Louis Gallien**, présentée par M. Maurice Caullery.

L'action des hormones sexuelles sur les ébauches du tractus génital des Batraciens n'a pas été étudiée jusqu'alors. Il y a à cette lacune une raison : c'est la difficulté d'élever les jeunes après la métamorphose, en particulier ceux des Anoures, surtout si l'on veut continuer l'injection des solutions hormoniques. Or, la différenciation du tractus génital débute seulement à l'époque de la métamorphose. A ce stade, on observe l'ébauche wolffienne et müllérienne. Les canaux de Müller, présents dans les deux sexes, apparaissent comme un bourrelet blanchâtre et droit très ténu, qui, élargi légèrement à son extrémité postérieure où il s'abouche avec le cloaque, suit le bord externe des reins, puis remonte très haut dans la région thoracique. Là, les deux canaux divergent.

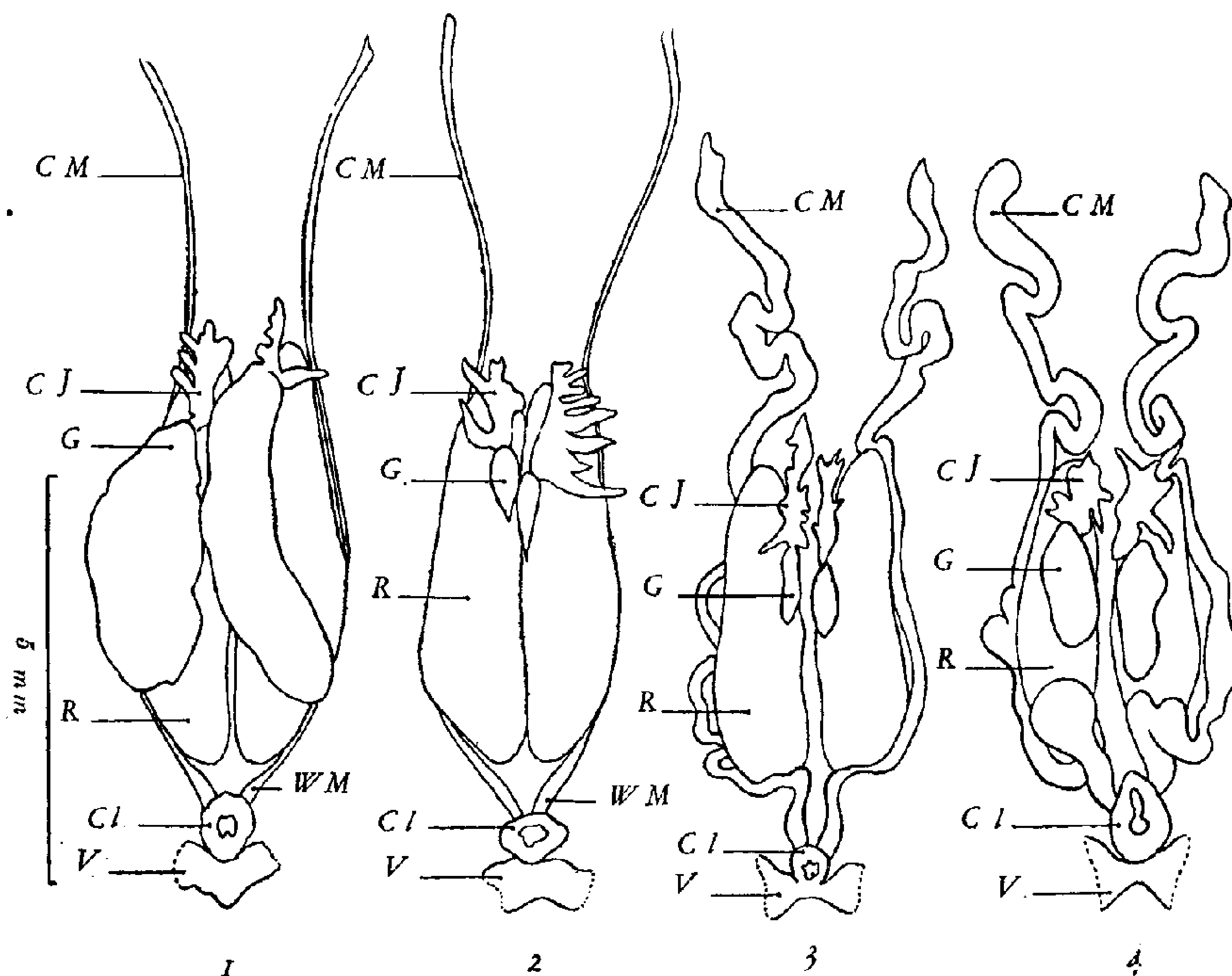
Nous avons pu élever de jeunes *Rana temporaria* plusieurs mois après le stade critique de la métamorphose, dans le but d'étudier le retentissement des hormones sexuelles sur le développement du tractus génital, ainsi que l'évolution des gonades. Nous n'aborderons ici que l'action de l'œstradiol (hormone femelle) sur les canaux de Müller, représentant, on le sait, les oviductes.

Disons cependant qu'une partie des animaux, traités par l'œstradiol pendant la vie larvaire et possédant des ovaires lors de la métamorphose, subissent, au cours des mois qui suivent celle-ci, un renversement sexuel dans le sens mâle, même si l'on entretient les injections hormoniques. Ce mécanisme complexe reste en cours d'étude.

Dans une série (D_{34}) d'une souche appartenant à la race indifférenciée de Hennezel (ponte du 9 mars), les têtards reçoivent pendant la vie larvaire trois injections de benzoate d'œstradiol. Une partie du lot est fixée à la métamorphose (fin mai, début juin). L'autre partie est élevée et les animaux sont sacrifiés progressivement, jusqu'en octobre. Quelques-uns sont encore actuellement vivants. Les jeunes grenouilles de cette série ont reçu, dans le sac lymphatique latéral, deux injections d'œstradiol en solution huileuse, l'une juste au moment où la métamorphose est achevée (27 et 30 mai), l'autre le 30 juin. En octobre, une grande partie de l'huile est encore présente sous la peau.

Par ailleurs, des témoins sont suivis dans les mêmes conditions, ainsi qu'un lot (E) qui, jusqu'à la métamorphose, reçoit trois injections de propionate de testostérone (hormone mâle). Tous les têtards de ce lot E sont masculinisés.

Au moment de la métamorphose, l'état de l'ébauche müllérienne de tous les animaux est celui décrit ci-dessus. Jusqu'en octobre, chez les individus témoins et ceux de la série E, cette ébauche demeure très discrète (*fig.* 1 et 2). Il en est de même dans la série Dz_h jusqu'au début d'août. Mais, au cours des autopsies pratiquées fin août, en septembre et dans la première quinzaine d'octobre, on observe, dans cette série Dz_h, une hypertrophie considérable (*fig.* 3 et 4) des canaux de Müller, qui



Dessins établis d'après le calque des microphotographies.
1, Femelle normale témoin; 2, Mâle (série E); 3, Mâle à canaux de Müller hypertrophiés (série Dz_h); 4, Femelle à canaux de Müller hypertrophiés (série Dz_h).
C. M., canal de Müller; *C. j.*, corps jaune; *C. l.*, cloaque; *G.*, gonade; *R.*, rein; *V.*, vessie; *W. M.*, région wolffo-müllérienne, dans laquelle les canaux de Wolff issus du rein sont accolés étroitement aux canaux de Müller. La vessie n'a été représentée qu'en partie.

s'allongent, sont contournés et de calibre irrégulier. Les grenouilles qui ont subi un renversement de leurs gonades dans le sens ♀ → ♂, comme celles qui sont demeurées ♀, manifestent cette hypertrophie (*fig.* 3).

Ainsi un territoire strictement femelle, constitué par les canaux de

Müller, a réagi, après la métamorphose, d'une manière brutale, à l'activation déclenchée par l'hormone femelle, tandis que la gonade semble évoluer indépendamment de celle-ci.

Cette expérience apporte la démonstration d'une action positive intense, sur l'ébauche des canaux de Müller chez les Batraciens anoures. La réaction est du même ordre que celle constatée par Wolff (1936) et Gaarenstrom (1939) sur le Poulet [1]. De plus, ce résultat constitue une preuve tangible que l'hormone femelle injectée sous la peau est absorbée, et passe dans le métabolisme général des animaux en expérience.

CHIMIE AGRICOLE. — *Sur les propriétés antidoryphoriques des arséniates alcalinoterreux.* Note de MM. **Marc Raucourt** et **Henri Guérin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Malgré l'existence de nombreuses publications sur l'utilisation des arséniates de calcium dans la lutte contre le Doryphore de la Pomme de terre [1], on ne trouve aucune donnée précise sur la valeur relative des divers arséniates de calcium, ni sur la toxicité comparée de ces composés avec celle des arséniates de plomb auxquels on donne encore très souvent la préférence en France. La plupart des essais décrits ont d'ailleurs été effectués sur des arséniates commerciaux non exactement définis.

Il était donc intéressant de déterminer la toxicité, vis-à-vis du Doryphore, des divers arséniates de calcium purs et bien définis, et d'examiner la valeur pratique de ces produits par des essais sur cultures.

Les arséniates de calcium étudiés ont été préparés par action directe de solutions d'acide arsénique sur des suspensions aqueuses d'hydroxyde de calcium, conformément aux modes opératoires décrits par l'un de nous [2].

Ce sont : le métaarséniate de calcium (I), l'orthoarséniate bicalcique tétrahydraté (II), le pyroarséniate de calcium (III), le biarséniate pentacalcique $2As^2O^5.5OCa.5OH^2$ (IV), l'orthoarséniate tricalcique anhydre (V) résultant de la déshydratation du décahydrate à 300°, et l'arséniate tétracalcique $As^2O^5.4OCa.OH^2$ (VI).

---

(1) Ét. Wolff, *A. Anat. Hist. Embr.*, 23, 1936, p. 1; J. H. Gaarenstrom, *J. Exp. Zool.*, 82, 1939, p. 31.

(1) *Leptinotarsa decemlineata* Say.

(2) H. Guérin, *Ann. Chimie*, 16, 1941, II, p. 101.

Afin de comparer les trois orthoarséniates alcalino-terreux tribasiques, nous avons joint à ces sels les orthoarséniates tristrontique (VII) et tribarytique (VIII) anhydres, obtenus par déshydratation à 300°, des sels préparés par action de l'acide arsénique sur des suspensions de baryte ou de strontiane ([3]).

Des essais parallèles ont été effectués sur l'arséniate diplombique (IX), pris généralement comme étalon de comparaison dans les essais de cette sorte.

Détermination de la toxicité. — Les toxicités portées dans le tableau ci-dessous ont été déterminées suivant une méthode mise au point par l'un de nous ([4]) et dont nous rappelons le principe : on offre à des larves prises individuellement des feuilles de Pommes de terre recouvertes d'une façon uniforme par l'arséniate étudié; après quelques minutes d'alimentation, on évalue la surface de feuille dévorée et l'on en déduit la quantité d'arsenic absorbé par chaque larve; la dose qui a entraîné une mortalité de 50 % des insectes (dose léthale médiane) sert à l'évaluation de la toxicité.

	Produit expérimenté.	Dose léthale médiane (*).
I.	Métaarséniate de calcium	32^{γ}
II.	Orthoarséniate bicalcique tétrahydraté	8
III.	Pyroarséniate de calcium	6
IV.	Biarséniate pentacalcique	9
V.	Orthoarséniate tricalcique anhydre	10
VI.	Arséniate tétracalcique	15
VII.	Orthoarséniate tristrontique anhydre	9
VIII.	Orthoarséniate tribarytique anhydre	10
IX.	Arséniate biplombique	19

(*) En millièmes de milligramme de As par gramme d'insecte.

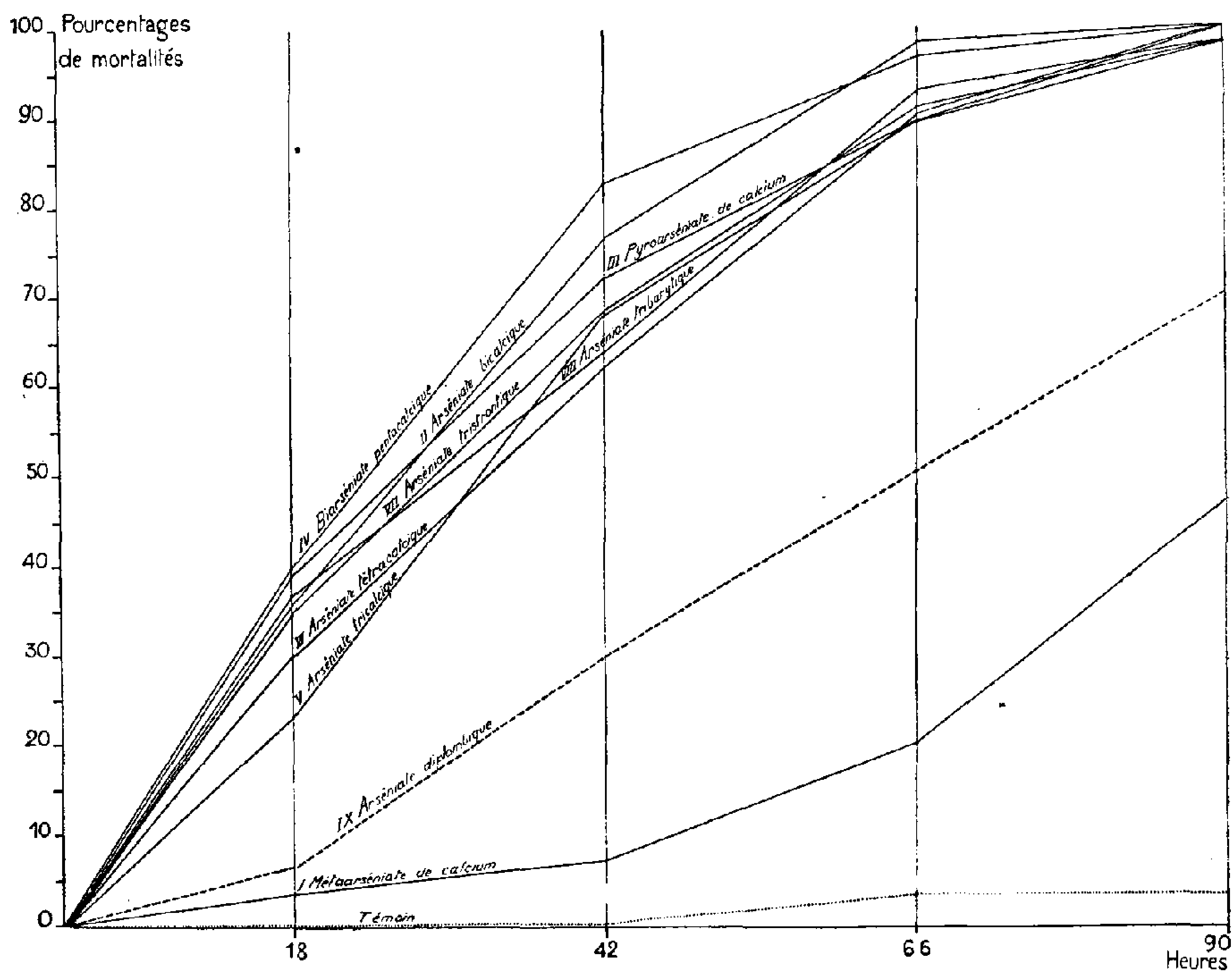
Essais sur cultures. — Ces essais, qui comportent l'application des insecticides sur des parcelles de Pommes de terre à la dose uniforme de 1200^{g} d'arsenic par hectare et la détermination des mortalités subies par les larves de Doryphore maintenues sur les plantes ([5]), indiquent avec une bonne approximation la valeur insecticide pratique des produits.

([3]) H. GUÉRIN, *Bull. Soc. Chim.*, 4, 1937, p. 1252.

([4]) M. RAUCOURT, *Ann. des Épiphyties*, 7, II, 1941 (sous presse).

([5]) M. RAUCOURT, B. TROUVELOT et H. DÉGUÉ, *Annales des Épiphyties*, 5, 1939, pp. 51-83.

Sur le graphique ci-dessous, figurent les mortalités constatées pendant les quatre jours qui suivent le traitement. La mortalité naturelle des insectes est donnée par des lots témoins.



A l'exception du métaarséniate de calcium, dont l'insolubilité dans l'eau et dans les acides explique très bien la faible activité, les divers arséniates de calcium et les orthoarséniates tristrontique et tribarytique ont des toxicités comparables vis-à-vis du Doryphore et sont plus actifs que l'arséniate biplombique.

Les essais pratiqués sur cultures, bien qu'effectués avec des bouillies préparées sans addition d'adhésifs et à partir de produits dont les particules étaient parfois assez grossières, ont donné d'une façon systématique des résultats supérieurs à ceux que l'on obtient avec l'arséniate biplombique. En outre, l'application des sels chimiquement purs n'a entraîné aucune action nocive sur les feuilles des plantes.

Ces résultats montrent que les arséniates de plomb, généralement utilisés dans les traitements antidoryphoriques, peuvent être avantageusement remplacés par des arséniates de calcium convenablement fabriqués. L'emploi de ces derniers permet de diminuer, pour une même action insecticide, la consommation d'arsenic et de faire disparaître celle du plomb.

La séance est levée à 15h50m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 1er DÉCEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

M. **Gabriel Bertrand** est élu Vice-Président pour l'année 1942 par l'unanimité des suffrages exprimés.

MM. **Robert Bourgeois** et **Louis Bouvier**, par la majorité absolue des suffrages, sont réélus membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des corps de la chimie biologique.* Note (¹) de M. **Henri Deslandres**.

Cette Note est la suite de 10 Notes présentées depuis 1938 sous le même titre général et au i de 17 Notes antérieures publiées à partir de 1930, qui, toutes, se rapportent aux molécules étudiées d'un point de vue entièrement nouveau. Les éléments de la molécule (atomes et groupes d'atomes) ont chacun leur rayonnement propre, et ce rayonnement, dû à l'approche brusque d'atomes voisins, n'est pas négligeable, car il intervient dans la formation et la stabilité de la molécule.

Les électrons de l'atome sont activés non un par un, mais par sous-

(¹) Séance du 24 novembre 1941.

anneaux et anneaux, et tous les éléments de la molécule doivent émettre la même fréquence. Ces deux lois ont été vérifiées sur 300 molécules ([2]) et, en même temps, la formule (1) ci-dessous, qui relie simplement chaque fréquence ν au nombre s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes,

$$\nu = q\, d_1/s' r', \tag{1}$$

d_1 étant la constante universelle 1062,65, q et r' étant des nombres entiers. On analyse la fréquence en recherchant les nombres $s'r'$ et q qui, portés dans la formule, reproduisent la fréquence, et l'analyse révèle les arrangements d'atomes qui ont donné la fréquence, les nombres s' d'électrons activés dans l'arrangement, l'ionisation intérieure et les polymères.

Dans la dernière Note, la recherche a été appliquée aux hydrocarbures saturés et au dodécane $C^{12}H^{24+2}$ dont les 24 fréquences sont bien expliquées par les trois arrangements d'atomes et d'électrons du type A^2, du type M-pH—H$''$ et du type CH^2—CH^3. Le type A^2 offre deux arrangements distincts, C^6H^{13}—$H^{13}C^6$ et C^{12}—H^{24+2}; l'égalité des nombres s' et des fréquences est assurée dans le premier cas, et réalisée dans le deuxième cas par l'ionisation intérieure, grâce aux deux atomes supplémentaires de H indiqués dans la formule et qui sont assurément une des causes de la grande stabilité de ces hydrocarbures.

Mais je laisse de côté momentanément les hydrocarbures pour porter mon effort sur les molécules biologiques qui sont actuellement les plus intéressantes. Le livre récent de Polonovsky met en relief les progrès vraiment remarquables de la biochimie dans les 30 dernières années, progrès qui apportent quelques lueurs sur le problème important de l'origine de la vie ([3]).

Les molécules formées dans les êtres vivants, sous l'influence de catalyseurs spéciaux, sont en général complexes, et celles dont le spectre Raman a été mesuré sont très peu nombreuses. Leur étude avec la nouvelle analyse ne sera pas le plus souvent possible, mais comme leur formule simple et leur formule de constitution sont en général bien déterminées, on pourra former la liste *Act.* des nombres s' d'électrons

---

([2]) La plupart de ces 300 molécules sont relativement simples, et je me suis proposé d'étudier dorénavant surtout les molécules complexes. J'ai annoncé déjà les fréquences égales de toutes les parties dans plusieurs complexes de Werner.

([3]) Mais la vie, dans son ensemble, reste encore mystérieuse, comme aussi d'ailleurs la cause première de la catalyse.

activables, reconnaître les nombres *s'* communs à toutes les parties et avoir des indications utiles sur la stabilité.

J'ai annoncé que l'égalité nécessaire des fréquences émises par toutes les parties pouvait être la base d'une étude générale des molécules. Je montrerai que cette loi simple est utile aussi en Biochimie, en commençant par les molécules les plus simples et en terminant par l'analyse du cholestérol, corps important, signalé dans toutes les parties de notre corps.

Les quatre groupes d'atomes C, CH, O, OH et CH^3 ont dans leur liste *Act.* les nombres *s'* d'électrons activables (2, 4 et 6), (3, 5 et 7), (4, 6 et 8), (5, 7 et 9). Avec la molécule CO, les nombres *s'* communs sont 4 et 6, et, si l'ionisation intervient, 3, 5 et 7; ces nombres se retrouvent dans l'analyse du spectre Raman publiée en 1935 et reproduite dans le tableau XXVII ci-après. L'analyse de CO^2 donne un résultat analogue et aussi l'analyse de OH^2 publiée en 1938. A noter que l'étude du rayonnement permet de prévoir la stabilité de la molécule CO mieux que la théorie de la valence; elle annonce même la possibilité des valences 2 et 6 du carbone et aussi de la valence 3 avec les ions C^- et C^+.

L'aldéhyde formique CH—OH, dont la composition centésimale est celle du glucose, a les nombres *s'* communs 5 et 7, et avec l'ionisation 4, 6 et 8.

L'acide glycolique $C^2H^4O^3$ ou $CH^2OH—COOH$ a les *s'* communs 17 et, avec l'ionisation, 10 et 12.

La glycérine $C^3H^8O^3$ ou $CH^2OH—CHOH—CH^2OH$ offre à première vue avec l'ionisation dans CHOH les nombres *s'* communs 13, 19 et 25.

Or ces prévisions de la liste *Act.*, et en particulier celles appuyées par l'ionisation, sont vérifiées par l'analyse (voir le tableau).

Avec le cholestérol l'ionisation intérieure intervient plus largement encore. La formule simple est $C^{27}H^{46}O$, et avec les premiers sous-anneaux les deux parties C^{27} et $H^{46}O$ ont 54 et 50 électrons, puis, si l'atome O, qui est isolé, est déplacé un peu vers les autres atomes, les deux parties ont 54 et 52, 54 et 54 électrons, d'où, avec l'ionisation, les nombres *s'* communs 52, 53 et 54. J'avais noté ces rapprochements il y a quelques mois, puis, récemment, on m'a signalé un bon spectre Raman du cholestérol, publié en 1940 par le biochimiste bien connu, le Dr Sannié, et j'ai pu vérifier les prévisions précédentes. Les deux fréquences les plus intenses de la molécule, ν 1444 et 2868, sont des multiples de $d_1/53$, et plusieurs multiples de $d_1/52$ et de $d_1/54$ sont attachés à des fréquences plus faibles.

Tableau XXVII. — *Analyse des fréquences infrarouges des molécules oxyde de carbone CO, anhydride carbonique CO^2, aldéhyde formique CH^2O, acide glycolique $C^2H^4O^3$, glycérine $C^3H^8O^3$ et cholestérol $C^{27}H^{46}O$* (*).

Notes. — En partant de la formule la plus simple de la molécule ou mieux de la formule de constitution, on peut en génér[al] la diviser en deux parties qui s'opposent naturellement, chaque partie activant les électrons de l'autre, et, on forme imm[é]diatement la liste *Act.* des deux parties, ou la liste des nombres s' d'électrons activables dans chaque partie par sous-anneaux (a') ou anneaux (a.). Puis on note avec soin les nombres s' qui sont les mêmes dans les deux parties, et surtout les nombres s' qu[i] sont un peu inégaux avec une différence petite qui est un nombre pair. Car l'ionisation intérieure, favorable à la stabilit[é] permet de les rendre égaux. Or, en général, tous ces nombres s' égaux se retrouvent dans l'analyse des fréquences.

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence de la radiation en cm⁻¹.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.		Nombres s' d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre des sous-anneaux, et anneaux activés (a'. et a.).
CO Gaz Raman........... 14 électrons, 1 fréq.	$\nu = (10)\ 2146$ =	$97\,d_1/6 \times 8$	$+1,1$	6 de C 2a. — 8 de O 2a.
		$99\,d_1/7 \times 7$	$-0,7$	7 de C^- 2a. — 7 de O^+ 2a.
		$101\,d_1/5 \times 10$	$-0,2$	5 de C^- 1a. — 5 de O^+ 1a.
CO^2 Gaz Raman........... 22 électrons, 4 fréq.	$\nu = (10)\ 1285,1$ =	$29\,d_1/4 \times 6$	$+1,2$	4 de C 1a. — 6 de O 1a.
	$\nu = (15)\ 1387,7$ =	$47\,d_1/6 \times 6$	$+0,6$	6 de C 2a. — 6 de O 1a.
		$64\,d_1/7 \times 7$	$+0,2$	7 de C^- 2a. — 7 de O^{2+} 1a'.
CH^2O Gaz Raman.......... 16 électrons, 8 fréq.	$\nu = (\ 2)\ 1043$ =	$54\,d_1/5 \times 11$	$-0,2$	5 de CH 1a. — 5 de OH 1a'., 11 d[e] CHO 1a. — 1 de H.
		$55\,d_1/7 \times 8$	$-0,5$	7 de CH 2a. — 7 de OH 1a., 8 d[e] CH^2 2a. — 8 de O 2a.
	$\nu = (\ 2)\ 2992$ =	$169\,d_1/6 \times 10$	$-0,7$	6 de CH^2 1a. — 6 de O 1a., 10 d[e] CO 1a. — 2 de H^2.
$C^2H^4O^3$ Liquide Raman F 80°. 40 électrons, 18 fréq.	$\nu = (\ 6)\ 2916$ =	$140\,d_1/17 \times 3$	$-0,7$	17 de CO^2H 1a. — 17 de COH^2 2[a.]
		$107\,d_1/39$	$+0,9$	39 de $C^2H^3O^3$ 2a. — 1 de H.
	$\nu = (\ 4)\ 1434$ =	$27\,d_1/10 \times 2$	$-0,4$	10 de CO^2H^- 1a'. — 10 de CH^3O^- 1a'. 20 de 4×5.
$C^3H^8O^3$ Liquide Raman .... 50 électrons, 15 fréq.	$\nu = (\ 4)\ 2888$ =	$65\,d_1/25$	$-2,0$	25 de $CH^2OH.CH^-$ 2a. — 25 d[e] $CH^2OH.OH^+$ 2a.
				25 de $C^3H^7O^3$ 1a'. — 1 de H.
		$106\,d_1/13 \times 3$	$+0,2$	13 de $CH^2OH.CH^-$ 1a'. — 13 d[e] $CH^2OH.OH^+$ 1a'.
		$212\,d_1/19 \times 3$	$-1,2$	19 de $CH^2OH.CH^-$ 1a. — 19 d[e] $CH^2OH.OH^+$ 1a.
$C^{27}H^{46}O$ Solution dans CCl^4. 216 électrons, 26 fréq.	$\nu = (\ 6)\ 1444$ =	$72\,d_1/53$	$+0,6$	53 de C^{27+} 1a'. — 53 de $H^{46}O^-$ 1[a'.]
		$87\,d_1/64$	$-0,3$	64 de $C^{16}H^{24}$ 1a'. O^{--} 1a. — 64 d[e] $C^{11}H^{22++}$ 1a.
		$125\,d_1/92$	$+0,4$	92 de $C^{16}H^{24}$ 1a. O^{++++} 2a. — 92 d[e] $C^{11}H^{22----}$ 2a.
		$140\,d_1/103$	$+0,2$	103 de $C^{27}H^{45}O$ 1a'. — 1 de H.
	$\nu = (\ 5)\ 1670$ =	$11\,d_1/7$	$+0,4$	35 ou 5×7, 42 ou 6×7.
		$99\,d_1/63$	$+0,4$	63 de $C^{16}H^{24}O^{---}$ 1a'. — 63 d[e] $C^{11}H^{22+++}$ 1a.
		$143\,d_1/91$	$+0,4$	91 de $C^{16}H^{24+++}$ 1a. — 91 d[e] $C^{11}H^{22---}$ 2a.
		$162\,d_1/103$	$-1,1$	103 de $C^{27}H^{45}O$ 1a'. — 1 de H.
	$\nu = (\ 6)\ 2888$ =	$27\,d_1/10$	$-0,7$	20 ou 4×5, 30 ou 5×6.
		$143\,d_1/53$	$+1,3$	53 de C^{27+} 1a'. — 53 de $H^{46}O^-$ 1[a'.]
		$170\,d_1/63$	$+0,9$	63 de $C^{16}H^{24}O^{---}$ 1a'. — 63 d[e] $C^{11}H^{22+++}$ 1a.
		$243\,d_1/90$	$-0,7$	90 de $C^{16}H^{24}$ 1a. O 1a'. — 90 d[e] $C^{11}H^{22}$ 2a.
		$278\,d_1/103$	$+0,3$	103 de $C^{27}H^{45}O$ 1a'. — 1 de H.

(*) Les fréquences sont tirées des Mémoires suivants : CO par Amaldi, *Z. für Phys.*, 79, 1933, p. 49[…]; CO^2 par Rasetti, *Phys. Rev.*, **24**, 1929, p. 583; CH^2O par Kohlrausch, Köppl et Pongratz, *Z. physik. Chem*[…] […] $C^2H^4O^3$ par Kahovec et Kohlrausch, *Wiener Ber.*, 145, 1936, p. 5-9; $C^3H^8O^3$ par Houdon[…]

D'autre part, la formule de constitution et le schéma-plan adopté conduisent à une division différente en deux parties $C^{16}H^{24}O$ et $C^{11}H^{22}$, désignées ici par I et II, la deuxième partie étant formée de trois cycles benzéniques. Or les nombres s' d'électrons activables dans I et II sont 60, 94, 128 et 44, 66 et 88. Avec une ionisation triple, on a les s' communs 63 et 91, et si l'atome O est déplacé comme ci-dessus, d'autres s' communs 64 et 65, 90 et 91. Le tableau montre l'accord des trois fréquences principales avec ces nombres. De plus, sur les 27 fréquences de la molécule, 13 sont attachées au nombre s' 63, et 11 au nombre s' 65.

La molécule a 46 atomes d'hydrogène et les fréquences du type M-pH—H^p peuvent être nombreuses. On a inséré dans le tableau seulement celles formées avec les 104 électrons des sous-anneaux et celles dont le nombre p est inférieur à 9 et un sous-multiple du nombre s de M-pH.

Enfin les petits groupes d'atomes, tels que C, CH, O, OH, ont le rayonnement des autres parties, car on a noté l'accord des fréquences avec les multiples de $d_1/4 \times 5$, $d_1/5 \times 6$, $d_1/6 \times 7$.

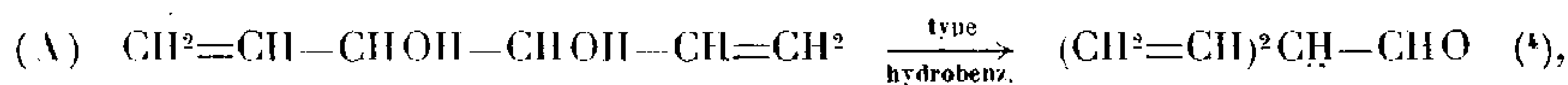
Finalement le cholestérol, avec ses ionisations fortes et nombreuses, doit être stable; de plus, dans les molécules de cette Note, ainsi que dans les nombreuses molécules inorganiques et organiques étudiées jusqu'ici, chaque fréquence dite de vibration est un harmonique de plusieurs fréquences élémentaires rattachées à des arrangements différents des atomes et des électrons. Les nombreux arrangements des 74 atomes et des 216 électrons du cholestérol sont ainsi représentés par un nombre relativement faible de fréquences.

Dans une Note prochaine, j'étudierai les molécules formées de quatre atomes différents, le quatrième étant le gaz azote.

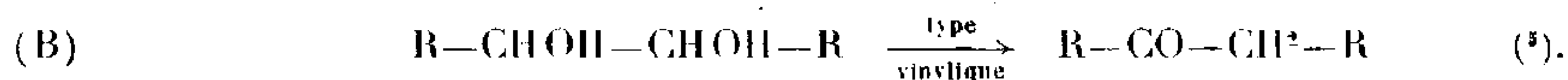
CHIMIE ORGANIQUE. — *Aptitudes migratrices des radicaux acétyléniques dans les réactions transpositrices. Étude du radical heptynyle dans la déshalogénation magnésienne des chlorhydrines* $C^5H^{11}C \equiv C(R)COH - CH^2Cl$. Note de MM. **Marc Tiffeneau** et **Yves Deux**.

Les radicaux acétyléniques n'ont pas encore été étudiés au point de vue du rôle qu'ils sont susceptibles de jouer dans les réactions transpositrices soit par leurs capacités affinitaires, soit par leurs aptitudes migratrices. Aucune réaction transpositrice comportant la migration de ces radicaux

n'a été jusqu'ici signalée et l'on ignore même s'ils sont susceptibles d'émigrer. En ce qui concerne les *radicaux éthyléniques*, nous avons entrepris depuis plusieurs années, soit séparément, soit en collaboration, l'étude de l'influence et du comportement des radicaux dans les diverses réactions transpositrices examinées depuis longtemps par nous : déshydratation des α-glycols bisecondaires ([1]) ou bitertiaires ([2]), isomérisation des époxydes correspondants, déshalogénation de certaines α-halohydrines et désamination des aminoalcools ([3]) dérivant de celles-ci. Cette étude nous a permis de constater que les radicaux éthyléniques sont, comme les radicaux aromatiques, fortement attracteurs d'électrons et qu'ils peuvent, comme ces derniers et d'une manière analogue, influencer certaines réactions qui se montrent transpositrices en présence des radicaux non saturés (déshydratation du divinylglycol suivant le type hydrobenzoïnique), alors qu'elles ne le sont pas en présence de radicaux aliphatiques (déshydratation des dialcoylglycols suivant le type vinylique).



(A) $CH^2{=}CH{-}CHOH{-}CHOH{-}CH{=}CH^2 \xrightarrow[\text{hydrobenz.}]{\text{type}} (CH^2{=}CH)^2CH{-}CHO$ ([4]),



(B) $R{-}CHOH{-}CHOH{-}R \xrightarrow[\text{vinylique}]{\text{type}} R{-}CO{-}CH^2{-}R$ ([5]).

Toutefois le caractère aromatique du radical vinyle paraît s'atténuer dans ses homologues, si bien que, dans le cas du radical propényle, la déshydratation du glycol correspondant, le dipropénylglycol, s'effectue dans les deux sens, c'est-à-dire suivant les types hydrobenzoïnique et vinylique ([6]), mais avec prépondérance de la transposition hydro-

---

([1]) *a.* M. Tiffeneau et P. Weill, *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1217; 204, 1937, p. 590; *b.* Y. Deux et D. Abragam, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 2084; *c.* M. Tiffeneau et Y. Deux, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 105; *d.* M. Tiffeneau, *Helvetica Chimica Acta*, 21, 1938, p. 404.

([2]) Y. Deux, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 522.

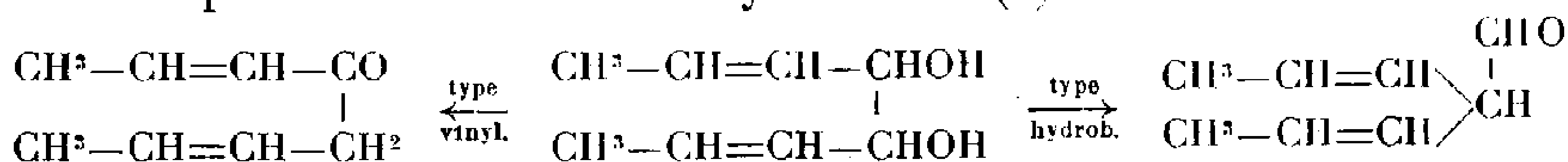
([3]) D. Abragam et Y. Deux, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 285; Y. Deux, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1090.

([4]) Il se forme en réalité l'aldéhyde isomère $CH^3CH{=}C(CH{=}CH^2)CHO$ par suite du déplacement de la double liaison.

([5]) Bouveault et Locquin, *Bull. Soc. Chim.*, 35, 1906, p. 646.

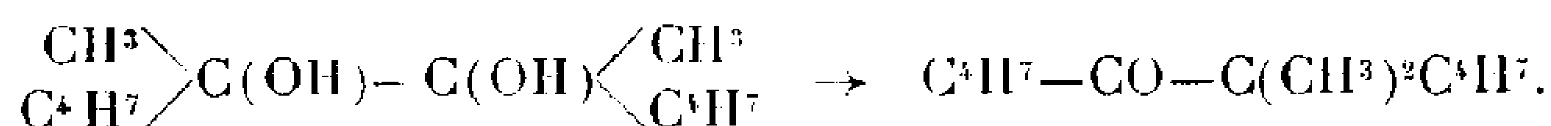
([6]) Cette déshydratation s'effectue également dans les deux sens pour certains glycols bisecondaires aromatiques Ar—CHOH—CHOH—Ar dans lesquels Ar est un phényle et Ar′ un *p*-tolyle ou un pipéronyle (Tiffeneau et J. Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, pp. 1626 et 1738).

benzoïnique conduisant à un aldéhyde ramifié (7) :



Ces faits montrent d'une part que les radicaux non saturés, vinyle, propényle etc., sont susceptibles d'émigrer et, d'autre part, que ces radicaux peuvent, comme les radicaux aromatiques et par leur simple présence, orienter les réactions de déshydratation des glycols, non vers le type vinylique, mais vers le type hydrobenzoïnique ou pinacolique.

Toutefois une autre série de faits a permis de montrer que l'analogie des radicaux éthyléniques avec les radicaux aromatiques, que nous croyons avoir bien établie en ce qui concerne l'orientation vers les réactions transpositrices, ne se poursuit pas complètement lorsqu'on envisage les aptitudes migratrices de ces radicaux ; c'est ainsi que, dans le cas du diméthyldiisobuténylglycol, la déshydratation par l'acide sulfurique dilué à chaud conduit à une cétone transposée avec migration du méthyle (2), dont les aptitudes migratrices l'emportent ainsi sur celles de l'isobutényle $CH{=}C(CH^3)^2$ ou C^4H^7



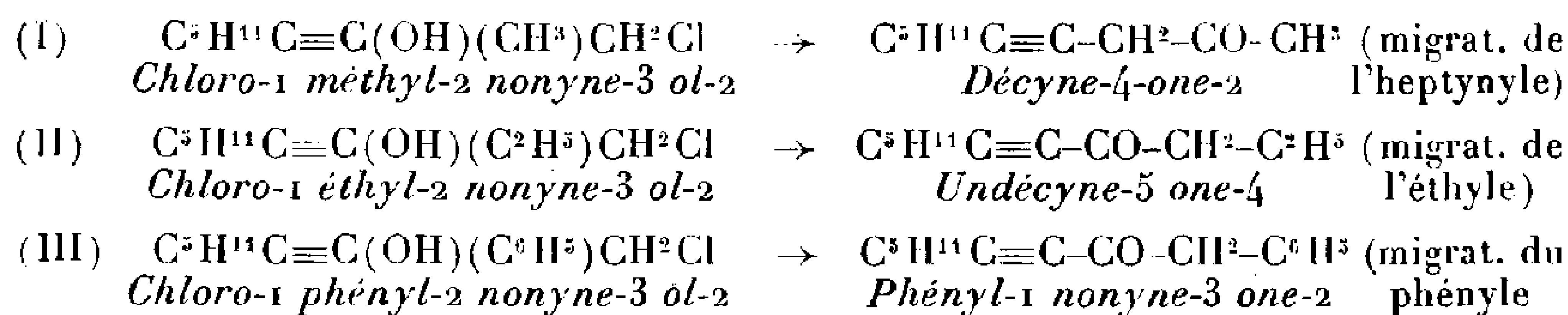
Il restait à examiner comment se comportent les *radicaux acétyléniques* dans l'une ou l'autre des diverses réactions transpositrices étudiées par nous.

Nous avons eu recours à cet effet à la réaction de déshalogénation des halohydrines de formule $(RR')COH{-}CH^2Cl$ et dans lesquelles R est un radical quelconque, aromatique (C^6H^5) ou aliphatique (CH^3 ou C^2H^5), alors que R′ est un radical acétylénique en C^7, l'heptynyle. Étant donné les différences que présentent entre eux les radicaux substituants, notamment en ce qui concerne l'affaiblissement possible du caractère de la triple liaison sous l'influence de la substitution d'un radical pentyle, il eût été préférable de s'adresser au radical éthynyle afin de pouvoir le comparer au radical vinyle déjà bien étudié. Cette recherche est actuellement en cours. Dans le présent travail nous avons fait réagir le bromure de magnésium heptynyle sur diverses cétones halogénées (chloracétophénone,

(7) Cet aldéhyde se transforme vraisemblablement en son isomère



chloracétone et chloro-2 butanone), et nous avons obtenu les chlorhydrines $C^5H^{11}C{\equiv}C(OH)(R)CH^2Cl$, dans lesquelles R est respectivement un méthyle, un éthyle et un phényle; leur déshalogénation magnésienne a fourni les résultats suivants :



(I)	$C^5H^{11}C{\equiv}C(OH)(CH^3)CH^2Cl$ *Chloro*-1 *méthyl*-2 *nonyne*-3 *ol*-2	→	$C^5H^{11}C{\equiv}C\text{–}CH^2\text{–}CO\text{–}CH^3$ *Décyne*-4-*one*-2	(migrat. de l'heptynyle)
(II)	$C^5H^{11}C{\equiv}C(OH)(C^2H^5)CH^2Cl$ *Chloro*-1 *éthyl*-2 *nonyne*-3 *ol*-2	→	$C^5H^{11}C{\equiv}C\text{–}CO\text{–}CH^2\text{–}C^2H^5$ *Undécyne*-5 *one*-4	(migrat. de l'éthyle)
(III)	$C^5H^{11}C{\equiv}C(OH)(C^6H^5)CH^2Cl$ *Chloro*-1 *phényl*-2 *nonyne*-3 *ol*-2	→	$C^5H^{11}C{\equiv}C\text{–}CO\text{–}CH^2\text{–}C^6H^5$ *Phényl*-1 *nonyne*-3 *one*-2	(migrat. du phényle

On voit ainsi que, dans le premier cas (I), il y a eu migration de l'heptynyle; ce radical est donc susceptible d'émigrer; mais ses aptitudes migratrices qui, dans ce cas sont supérieures à celles du radical méthyle, se montrent, dans le deuxième (II) et dans le troisième (III) cas, inférieures à celles de l'éthyle et du phényle qui émigrent exclusivement. Si l'on se reporte à nos conclusions antérieures ([8]), on est amené à constater que le radical heptynyle semble se comporter au point de vue de ses aptitudes migratrices comme un radical aliphatique : on sait en effet que, parmi ces radicaux, l'éthyle est, avec le benzyle, celui qui toujours émigre de préférence, alors que le méthyle possède les aptitudes migratrices les plus faibles. Le radical heptynyle occupe donc à cet égard une place intermédiaire entre le méthyle et l'éthyle. Peut-être n'en sera-t-il pas de même pour les radicaux acétyléniques inférieurs notamment pour l'éthynyle, car, si ce dernier possède comme le vinyle un caractère aromatique, il est possible que ce caractère puisse être atténué par la substitution d'un pentyle C^5H^{11}. Nous avons en effet exposé ci-dessus que les aptitudes migratrices du méthyle l'emportent d'une manière exclusive sur celles de l'isobutényle $(CH^3)^2C{=}CH\text{—}$ ([2]), alors qu'on les sait d'autre part inférieures à celles du vinyle. Rappelons enfin, comme nous l'avons fait au début de cette Note, que le caractère aromatique des radicaux éthyléniques ne se manifeste pas seulement par leurs aptitudes migratrices, mais surtout par leur influence sur l'orientation des réactions de déshydratation des glycols ou de déshalogénation des halohydrines, ces réactions évoluent généralement dans le sens hydrobenzoïnique et non dans le sens vinylique [voir formules (A) et (B)]. Cette influence est actuellement à l'étude pour les radicaux acétyléniques.

([8]) M. Tiffeneau et J. Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, 1703.

1° *Déshalogénation du chloro-1 méthyl-2 nonyne-3 ol-2 : migration du radical heptynyle.* — La chlorhydrine soumise à la déshalogénation, le chloro-1 méthyl-2 nonyne-3 ol-2, a été préparée en faisant tomber goutte à goutte une solution éthérée de chloracétone dans le bromure de Mg heptynyle résultant de l'action de l'heptyne sur une solution éthérée de $BrMgC^2H^5$. La déshalogénation a été effectuée par simple chauffage au bain-marie, puis au bain d'huile à 110°, jusqu'à ce que tout l'éther ait été évaporé. La masse se boursoufle et souvent même s'échauffe fortement, avec parfois violente explosion due sans doute à la décomposition de l'excès du magnésien initial.

Après refroidissement, on décompose par l'eau et l'on entraîne à la vapeur d'eau. Le produit entraîné est épuisé à l'éther; on sèche, évapore le solvant et distille dans le vide ($Éb_{20}$ 94-95°). Il y a formation abondante de résines, aussi le rendement est-il faible. Le produit obtenu est la décyne-4 one-2 [formule (I)]. Sa semicarbazone (F 128°) est différente de celle (F 108-109°) fournie par le cétone isomère, la décyne-4 one-3 obtenue en faisant agir suivant la technique de Moureu et Delange ([9]) le chlorure de propionyle sur le dérivé sodé de l'heptyne. De plus, après fixation de 4 H par hydrogénation sur le nickel de Raney, on obtient une cétone saturée dont la semicarbazone, fusible à 120° (Bloc Maquenne), a été identifiée avec celle fournie par la décanone-2 préparée par oxydation chromique du décanol-2, obtenu lui-même en faisant agir le bromure de magnésium octyle sur l'acétaldéhyde. Les aptitudes migratrices du radical heptynyle l'emportent donc exclusivement sur celles du méthyle.

2° *Déshalogénation du chloro-1 éthyl-2 nonyne-3 ol-2 : migration de l'éthyle.* — On fait agir le bromure de magnésium heptynyle sur la chloro-1 butanone-2 en opérant exactement comme précédemment, c'est-à-dire en faisant tomber le magnésien sur la solution éthérée refroidie de la chlorobutanone; après quoi chauffage pendant une heure au bain-marie pour évaporer l'éther, puis pendant dix minutes à 110° dans le vide pour chasser tout le solvant. Le liquide provenant de l'entraînement du résidu à la vapeur d'eau est épuisé à l'éther, puis distillé dans le vide ($Éb_{20}$ 100-101°); il fournit une semicarbazone (F 143-144°) que l'on a comparée et identifiée avec l'undécyne-5 one-4 que fournit l'action du chlorure de butyryle sur le dérivé sodé de l'heptyne [formule (II)]. Il y a donc eu migration préférentielle et exclusive du radical éthyle.

([9]) *Bull. Soc. Chim.*, 25, 1901, p. 302.

3° *Déshalogénation du chloro-*1 *phényl-*2 *nonyne-*3 *ol-*2 *: migration du phényle.* — Dans un ballon contenant une solution éthérée de chloro-acétophénone, on fait tomber lentement la solution éthérée de bromure de magnésium heptynyle. On achève la réaction dans les mêmes conditions que ci-dessus. Le produit, entraîné à la vapeur d'eau, est distillé dans le vide ($Éb_{18}$ 170°). Il fournit une semicarbazone (F 84-85°) qui est identique à celle de la phényl-1 nonyne-3 one-2 que nous avons obtenue en faisant agir le chlorure de phénacétyle sur le dérivé sodé de l'heptyne.

Ainsi la cétone transposée est bien la phényl-1 nonyne-3 one-2 [formule (III)], et le radical phényle a donc émigré de préférence au radical heptynyle.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Méthode générale de détermination de l'eau de cristallisation d'un sel au sein même de l'eau mère qui lui a donné naissance.* Note de M. **Maurice Nicloux**.

L'expérience montre que, si l'on abandonne à la cristallisation une solution saline faiblement alcoolisée (1 à 2 °/₀₀ en poids), les cristaux, proprement l'eau de cristallisation, ne renferment pas d'alcool : cette substance se retrouve intégralement dans l'eau mère. On peut dès lors imaginer qu'ayant séparé par simple décantation l'eau mère des cristaux sans se préoccuper de celle qui imprègne ces derniers, déterminé ensuite les quantités d'alcool et de sel anhydre que contient chacun d'eux, il soit possible d'évaluer le nombre de molécules d'eau entrant dans la composition du sel. C'est bien ce que le calcul permet d'établir et l'expérience de vérifier.

Calcul théorique. — En vue de relier les présentes recherches à celles que je poursuis depuis plus de sept années sur l'eau liée ([1]), et pour conserver

---

([1]) J'ai démontré, dès 1933-1934, avec M. Gosselin, l'existence dans les tissus des animaux aquatiques, en particulier des Poissons, d'une eau imperméable à l'alcool, ou du moins se comportant comme telle. Personnellement ensuite, après avoir discuté ce fait d'expérience, rejeté l'explication qui consistait à l'attribuer à une perméabilité limitée des parois cellulaires pour l'alcool, j'ai émis l'hypothèse que l'eau en question était quantitativement *liée* aux protéines des tissus, ce qui m'a permis d'en fixer les proportions, d'en noter les variations, d'en étudier les particularités, notamment celles de disparaître dans les tissus mécaniquement détruits, de diminuer lorsque la concentration moléculaire du milieu extérieur à l'animal augmente, et *vice versa* etc. (M. Nicloux, *Bull. Soc. Chim. biol.*, **16**, 1934, pp. 822-864; **20**, 1938, pp. 981-1032; *Bull. Acad. Méd.*, **119**, 1938, pp. 363-372).

le mode de notation que j'ai proposé et utilisé dès cette époque, je désignerai par k le poids de sel cristallisé qui contient 1^g de sel anhydre et par conséquent $(k-1)^g$ d'eau. Si donc le poids moléculaire des cristaux et celui du sel anhydre sont connus, ou encore si P est le poids des cristaux contenant un poids S de sel anhydre, ou enfin si s est le pourcentage de sel anhydre dans les cristaux, on a, par définition,

$$(1) \qquad \frac{\text{P. M. des cristaux}}{\text{P. M. du sel anhydre}} = \frac{P}{S} = \frac{100}{s} = k,$$

et le nombre n de molécules d'eau correspondant a pour valeur

$$(2) \qquad n = (k-1) \times \frac{\text{P. M. du sel anhydre}}{18}.$$

Ceci posé, une cristallisation quelconque ayant fourni des cristaux imprégnés d'eau mère d'une part, de l'eau mère d'autre part, soit m le poids des premiers, Q_a la teneur en alcool des cristaux, Q_e celle de l'eau mère. De ces trois premières données, on peut déjà déduire le poids p d'eau mère qui imprègne les cristaux et par suite le poids P des *cristaux exempts d'eau mère*; on a en effet

$$(3) \qquad p = \frac{m Q_a}{Q_e}$$

et

$$(4) \qquad P = m - p = m\left(1 - \frac{Q_a}{Q_e}\right).$$

Soient d'autre part s_1 et s_2 les pourcentages respectifs du sel anhydre : dans les cristaux de poids m imprégnés d'eau mère dont le poids est p, et dans l'eau mère elle-même. La quantité de sel anhydre S contenu dans le poids P des *cristaux exempts d'eau mère* aura pour valeur

$$(5) \qquad S = \frac{ms_1}{100} - \frac{ps_2}{100},$$

et l'examen des égalités (1), (4), (5) conduira à l'expression

$$(6) \qquad k = \frac{P}{S} = \frac{m\left(1 - \frac{Q_a}{Q_e}\right)}{\frac{ms_1}{100} - \frac{ps_2}{100}} = \frac{100\left(1 - \frac{Q_a}{Q_e}\right)}{s_1 - \frac{p}{m}s_2}.$$

Si, pour terminer, on pose $Q_a/Q_e = \rho$ en remarquant que, d'après

l'égalité (3), ce rapport est égal à p/m, on aura finalement

$$k = \frac{100(1-\rho)}{s_1 - \rho s_2}, \tag{A}$$

et le nombre n de molécules d'eau présentes dans le sel s'en déduira en remplaçant k par sa valeur dans l'égalité (2).

Vérification expérimentale. — Je ne puis donner ici le détail des opérations analytiques. En ce qui concerne l'alcool et sa détermination dans les cristaux imprégnés d'eau mère et l'eau mère elle-même, on le sépare par distillation et on le dose ensuite par ma méthode (*Bull. Soc. Chim. biol.*, 13, 1931, p. 857), qui permet d'évaluer 3 à 5^{mg} d'alcool à 5 γ près. On obtient ainsi Q_a et Q_e; quant aux pourcentages s_1 et s_2 du sel anhydre dans les mêmes milieux, on aura recours soit à l'étuve à 110° si le sel perd, à cette température, la totalité de son eau de cristallisation sans se décomposer, soit au dosage de son anion ou de son cation.

Mes essais ont porté sur les sels suivants : nitrate de potassium, oxalate d'ammonium, chlorure de baryum, acétate de sodium, sel de Seignette, sulfate de cuivre, sulfate de sodium, cristallisant avec 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10 molécules d'eau. Le tableau suivant, où se trouvent réunies les données numériques nécessaires au calcul de k, les résume.

Sel.	Q_a (mg/g).	Q_e (mg/g).	ρ.	s_1.	s_2.	k trouvé.	k théor.	n.
NO^3K	0,632	2,405	0,2627	80,10	24,90	1,002	1	zéro
$(CO^2-NH^4)^2, H^2O$	0,710	0,955	0,7430	24,96	3,26	1,140	1,145	0,96
$Cl^2Ba, 2H^2O$	0,887 (²)	1,770	0,5011	56,05	27,05	1,174	1,176	1,97
$CH^3CO^2Na, 3H^2O$	0,676	1,203	0,5620	43,70	30,69	1,656	1,658	2,98
$C^4H^4O^6NaK, 4H^2O$	0,224 (²)	0,876	0,2562	67,08	43,40	1,329	1,342	3,84
$SO^4Cu, 5H^2O$	0,450	2,520	0,1786	56,15	18,00	1,556	1,562	4,95
$SO^4Na^2, 10H^2O$	0,488 (²)	3,340	0,1462	40,05	16,74	2,270	2,267	10,00

Les différences entre les valeurs théoriques et trouvées de k ne dépassent pas quelques millièmes, celles de n quelques centièmes.

Dans un autre ordre d'idées, si l'on rapproche la formule (A) de celle donnant la valeur de k pour les tissus des animaux aquatiques, k étant défini comme ce que devient 1^g de leur substance sèche retenant $(k-1)$ g d'eau liée, on note respectivement :

$$k = \frac{100(1-\rho)}{s_1 - \rho s_2}, \qquad k = \frac{100(1-\rho)}{s}.$$

L'analogie qui existe entre ces deux formules, d'origines cependant très différentes, est frappante. Traduirait-elle l'existence de phénomènes de

même ordre : à considérer les cristaux, c'est l'impénétrabilité pour l'alcool du système [*sel anhydre-eau de cristallisation*], et elle seule, qui est en cause; à considérer les tissus d'un animal aquatique, ne serait-ce pas l'imperméabilité, pour la même substance chimique, du système [*protéine-eau liée*]? S'il en est ainsi, on peut alors se demander quelle est la nature de cette liaison; combinaison chimique lâche, où cependant le substrat protéique et l'eau seraient liés stœchiométriquement, ou phénomène relevant (comme d'autres que l'on pourrait invoquer ici) du domaine purement physico-chimique, tel l'adsorption. En ce qui concerne cette dernière façon de voir, des recherches récentes ([2]), susceptibles, comme le dit leur auteur, « d'ouvrir des horizons nouveaux sur la constitution probable des solutions et sur l'état de l'eau liée chez les êtres vivants », doivent être prises en considération. Ainsi la question se trouve nettement posée; nous aurons prochainement l'occasion d'y revenir.

M. **Emm. de Margerie** met sous les yeux de l'Académie une *Carte morphologique* de la France, à l'échelle du millionième, résultant de l'assemblage de quatre feuilles qui viennent de paraître dans l'*Atlas de France*, actuellement en cours de publication sous les auspices du Comité National de Géographie, et avec une subvention de l'Académie (Prix du Prince de Monaco, attribué au général Bourgeois, son Président). Cette belle Carte, imprimée en couleurs, a été dressée sous la direction de M. Emm. de Martonne; elle résume graphiquement, de la manière la plus heureuse, l'ensemble des connaissances accumulées depuis plus d'un siècle sur la structure et l'origine des reliefs du territoire national.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° G. Portevin. *Ce qu'il faut savoir des abeilles* (présenté par M. Auguste Chevalier).

2° F. Bourlière. *Formulaire technique du zoologiste préparateur et voyageur. Ce qu'il faut savoir pour l'observation, la récolte, la préparation, les élevages* (présenté par M. Auguste Chevalier).

([2]) H. Devaux, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 588.

TOPOLOGIE. — *Espaces fibrés associés.*
Note (¹) de M. **Charles Ehresmann**, présentée par M. Élie Cartan.

Les résultats qui vont être exposés sont dus à la collaboration de l'auteur et de l'un de ses élèves; ils font suite à une Note antérieure (²).

I. *Méthode de construction d'un espace fibré.* — Tout espace fibré de groupe structural G, de symbole E(B, F, G, H) (²), peut être obtenu de la façon suivante : soient B et F deux espaces topologiques, G un groupe d'automorphismes de F, Φ une famille d'ensembles ouverts de B formant un recouvrement de B, $S = \sum_{U \in \Phi} U \times F$ la somme topologique des produits topologiques $U \times F$ considérés comme des espaces topologiques disjoints. Soit R la relation d'équivalence dans S telle que deux points $y_1 \in U_1 \times F$ et $y_2 \in U_2 \times F$ soient équivalents lorsque : 1° la projection canonique de y_1 sur U_1 et celle de y_2 sur U_2 correspondent au même point $x \in B$; 2° la projection canonique $\bar{y}_2$ de y_2 sur F se déduit de la projection canonique $\bar{y}_1$ de y_1 sur F par une transformation $t_{U_2U_1}(x) \in G$ dépendant du couple (U_1, U_2) et de $x \in U_1 \cap U_2$, de telle façon que $\bar{y}_2$ soit une fonction continue de $(\bar{y}_1, x)$; 3° $t_{U_kU_i}(x) = t_{U_kU_j}(x)\, t_{U_jU_i}(x)$ pour $x \in U_i \cap U_j \cap U_k$. L'espace quotient de S par R est un espace fibré E(B, F, G, H).

Soit p_1 la projection canonique de S sur E correspondant à R et soit p_2 la projection canonique de S sur B, c'est-à-dire celle qui se réduit pour les points de $U \times F$ à la projection canonique de $U \times F$ sur U. La projection canonique p de E sur B sera l'application composée $p_2 \overset{-1}{p_1}$. Considérons une fibre $F_x = \overset{-1}{p}(x)$, où $x \in B$. Si $x \in U$, l'application réciproque de la restriction de p_1 à $U \times F$ est un homéomorphisme de F_x dans $U \times F$; en le composant avec la projection canonique de $U \times F$ sur F, on obtient un homéomorphisme $h_{x,U}$ de F_x sur F. Si $U' \in \Phi$ et $x \in U'$, on a $h_{x,U'} = t_{U'U}(x)\, h_{x,U}$. A chaque fibre F_x correspond donc une famille bien définie d'homéomorphismes de F_x sur F; c'est la famille $H_x = G\, h_{x,U}$. L'ensemble H, somme des ensembles H_x, définit une structure d'espace fibré E(B, F, G, H).

II. *Espace fibré principal associé à* E(B, F, G, H). — Nous supposons que G est une réalisation continue fidèle d'un groupe abstrait topologique $\tilde{G}$. Soit $U \in \Phi$ et désignons par H_U la somme des ensembles H_x correspondant à tous les $x \in U$. L'équation $H_x = G h_{x,U}$ établit une correspondance

(¹) Séance du 27 octobre 1941.
(²) *Comptes rendus*, 212, 1941, pp. 945-948.

biunivoque φ_U entre les éléments de H_U et les couples (x, s), où $x \in U$, $s \in \widetilde{G}$. Munissons H_U de la topologie image par φ_U de la topologie $U \times \widetilde{G}$. Soit S^* la somme topologique $\sum_{U \in \Phi} R_U$, tous les espaces topologiques H_U étant considérés comme disjoints. Soit R^* la relation d'équivalence dans S^* telle que deux éléments de S^* soient équivalents lorsqu'ils correspondent au même élément de H. Munissons H de la topologie d'espace quotient de S^* par R^*. L'espace topologique R ainsi défini est un espace fibré $H(B, \widetilde{G}_t, \widetilde{G}, H^*)$ que nous appelons *espace fibré principal associé* à E(B, F, G, H). Les fibres sont les ensembles H_x; elles sont homéomorphes à $\widetilde{G}$. Étant donné $h_x \in H_x$, considérons l'homéomorphisme h_x^* de H_x sur G qui applique tout $h'_x \in H_x$ sur l'élément s' de $\widetilde{G}$ réalisé par la transformation $h'_x \overset{-1}{h_x}$ de G. Soient H_x la famille des homéomorphismes h_x^* et H^* la somme des familles H_x. La transformation $k_x^* \overset{-1*}{h_x}$, où h_x^*, $k_x^* \in H_x^*$ est la transformation du groupe $\widetilde{G}_t$ des translations à droite de $\widetilde{G}$ qui applique $s \in \widetilde{G}$ sur $s\sigma$, où σ est l'élément de $\widetilde{G}$ réalisé par $h_x \overset{-1}{k_x} \in G$. L'espace H est donc bien muni de la structure d'espace fibré $H(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_t, H^*)$. H pourrait d'ailleurs aussi être muni d'une structure d'espace fibré à groupe structural ${}_t\widetilde{G}$, groupe des translations à gauche de $\widetilde{G}$. Si $\widetilde{G}$ n'est pas connexe, H n'est pas forcément connexe.

III. *Construction de tous les espaces fibrés dont les espaces fibrés principaux associés sont isomorphes à* $E^*(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_t, H^*)$. — Un *isomorphisme* de E(B, F, G, H) sur E'(B', F', G', H') est un homéomorphisme T de E sur E' tel que : 1° T transforme toute fibre F_x de E en une fibre $F'_{x'}$, de E'; 2° il existe un homéomorphisme Θ de F sur F' tel que $\Theta H \overset{-1}{T} = H'$. Il en résulte $\Theta G \overset{-1}{\Theta} = G'$.

Soit $E^*(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_t, H^*)$ un espace fibré, où $\widetilde{G}$ est un groupe topologique et $\widetilde{G}_t$ le groupe des translations à droite dans $\widetilde{G}$. Supposons qu'il soit construit par le procédé indiqué dans I, qui fera intervenir un recouvrement Φ de B et des transformations $\theta_{U_j U_i}(x) \in \widetilde{G}_t$. Soit G une réalisation fidèle de $\widetilde{G}$ dans un espace topologique F. On peut construire un espace fibré E(B, F, G, H) dont l'espace fibré principal associé est isomorphe à $E^*(B, G, G_t, H^*)$. A tout élément θ de $\widetilde{G}_t$ correspond un élément t de G, réalisation du même élément de $\widetilde{G}$. Soit $t_{U_j U_i}(x)$ la transformation correspondant à $\theta_{U_j U_i}(x)$. Les transformations $t_{U_j U_i}(x)$ de F, satisfaisant aux

conditions 2° et 3° de I, permettent de définir avec le recouvrement Φ un espace fibré de symbole E(B, F, G, H) dont l'espace fibré principal associé est isomorphe à $E^{*}(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_t, H^{*})$.

Pour que deux espaces fibrés E(B, F, G, H) *et* E′(B, F, G, H′) *soient isomorphes, il faut et il suffit que leurs espaces fibrés principaux associés soient isomorphes.*

IV. *Espaces fibrés isomorphes à un produit topologique.* — Nous dirons que E(B, F, G, H) est isomorphe au produit topologique $B \times F$ lorsqu'il est isomorphe à l'espace fibré à groupe structural G défini ([3]) par $B \times F$. Pour que l'espace fibré principal associé $H(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_t, H^{*})$ soit isomorphe à $B \times \widetilde{G}$, il faut et il suffit qu'il existe dans H un système continu de représentants de B, c'est-à-dire une application de B dans H telle que son composé avec la projection canonique de H sur B se réduise à l'identité. Donc, *pour que* E(B, F, G, H) *soit isomorphe à* $B \times F$, *il faut et il suffit qu'il existe dans* $H(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_t, H^{*})$ *un système continu de représentants de* B.

En particulier, *si* B *est contractile en un point, tout espace fibré de base* B *admet un système continu de représentants de* B, d'après le lemme de déformation de la Note citée ([2]). On a donc le théorème :

Tout espace fibré E(B, F, G, H) *dont l'espace de base* B *est contractile en un point est isomorphe au produit topologique* $B \times F$ ([4]).

V. *Espace fibré des automorphismes de fibre associé à* E(B, F, G, H).

Les transformations $\overset{-1}{h}_x h'_x$, où h_x, $h'_x \in H_x$ sont des automorphismes de F_x. Leur ensemble est un groupe A_x, transformé de G par $h_x : \overset{-1}{h}_x G h_x = A_x$. Soit A la somme des ensembles A_x. Comme dans II, on peut munir A d'une structure d'espace fibré de symbole $A(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_a, H_*)$. A chaque $h_x \in H_x$ correspond l'homéomorphisme h_{*x} de A_x sur $\widetilde{G}$ qui applique $a_x \in A_x$ sur l'élément de $\widetilde{G}$ correspondant à $h_x a_x \overset{-1}{h}_x \in G$. La transformation $k_{*x} h_{*x}$ est la transformation du groupe adjoint $\widetilde{G}_a$ de $\widetilde{G}$ définie par $G \rightarrow (k_x \overset{-1}{h}_x) G (k_x \overset{-1}{h}_x)^{-1}$. H_x est l'ensemble des homéomorphismes h_{*x}.

Si G est abélien, $A(B, \widetilde{G}, \widetilde{G}_a, H_*)$ est isomorphe à $B \times \widetilde{G}$.

([3]) Voir ([2]), p. 946.

([4]) Généralisation, avec nouvelle démonstration, d'un théorème dû à J. Feldbau [*Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1622 (théorème A)].

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Mesure de la masse d'une particule par choc élastique, formule générale. Application à un cliché de choc permettant une vérification directe des formules de relativité restreinte.* Note [1] de MM. L. **Leprince-Ringuet** et S. **Gorodetzky**, présentée par M. Maurice de Broglie.

a. L'étude d'un choc élastique à la chambre Wilson permet d'obtenir des renseignements quant à la nature des particules participant au choc. Au cours de précédents travaux [2], [3], [4], le cas d'un mésoton du rayonnement cosmique heurtant un électron a pu être étudié et une formule équivalente à (1) a été appliquée

$$\mu = \frac{\rho_1}{\rho_0}\sqrt{\left(\frac{\rho_3\cos\theta}{\rho_2}\right)^2 - 1}. \qquad (1)$$

On obtient ainsi $\mu = M_0/m_0$, rapport de la masse M_0 de la particule heurtante à la masse m_0 de la particule heurtée en fonction de grandeurs géométriques (*fig.* 1). ρ_1, ρ_2, ρ_3 sont les rayons de courbure des trajectoires (incurvées par le champ magnétique H perpendiculaire au plan principal de la chambre de Wilson), lorsque le plan du choc est perpendiculaire au champ; l'angle θ est celui des tangentes aux trajectoires 2 (particule incidente après choc) et 3 (particule heurtée). $\rho_0 = m_0c^2/ec\text{H}$ et $\rho_e = \sqrt{\rho_3^2 + \rho_0^2} - \rho_0$ sont des longueurs proportionnelles respectivement à la masse au repos de la particule heurtée et à son énergie cinétique. La formule (1) est approchée et ne s'applique que lorsque $\rho_2 \gg \rho_0$, condition habituellement remplie par les particules très rapides du rayonnement cosmique. On a supposé aussi que les charges électriques des particules sont égales.

On peut obtenir une formule simple, rigoureuse, toujours valable, quels que soient les ordres de grandeurs des quantités y figurant et quelle

[1] Séance du 17 novembre 1941.

[2], [3], [4] L. Leprince-Ringuet, S. Gorodetzky, E. Nageotte et R. Richard-Foy, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 382; *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 460; *Cahiers de Physique*, 3, 1941, p. 15.

que soit l'orientation du plan du choc par rapport à H :

$$\mu = \frac{p_2}{p_0}\sqrt{\left(\frac{p_3\cos\theta}{p_2} + \frac{p_0}{p_2}\right)^2 - 1}, \tag{2}$$

$p_{1,2,3}$ étant les quantités de mouvement, $p_0 = m_0 c$, $p_c = \sqrt{p_3^2 + p_0^2} - p_0$, l'angle θ étant celui des vitesses $(\widehat{2,3})$ en A.

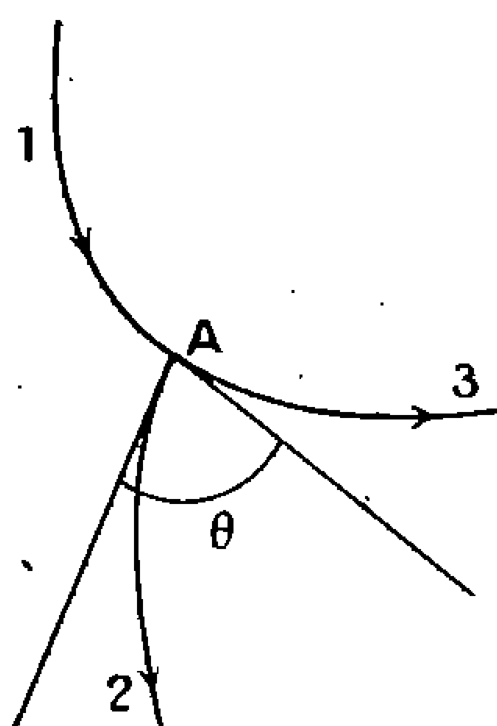


Fig. 1.



Fig. 2.

Soient alors $\rho_{1,2,3}$ les rayons de courbure en A des projections des trajectoires sur le plan principal, et $\alpha_{1,2,3}$ les angles des trajectoires avec un plan perpendiculaire à H; on peut définir des longueurs R telles que :

$$R_1 = \frac{\rho_1}{\cos\alpha_1}, \quad R_2 = \frac{\rho_2}{\cos\alpha_2}, \quad R_3 = \frac{\rho_3}{\cos\alpha_3}, \quad R_0 = \frac{m_0 c^2}{ecH}, \quad R_c = \sqrt{R_3^2 + R_0^2} - R_0 \tag{3}$$

(ces longueurs R ne doivent pas être confondues avec les rayons de courbure r des trajectoires dans l'espace $r = \rho/\cos^2\alpha$). On obtient alors, en remplaçant p par R :

$$\mu = \frac{R_2}{R_0}\sqrt{\left(\frac{R_3\cos\theta}{R_c} + \frac{R_0}{R_2}\right)^2 - 1}, \tag{4}$$

lorsque le plan du choc n'est pas perpendiculaire à H, on lit sur le cliché ρ_1, ρ_2, ρ_3; $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ (par restitution stéréoscopique); d'où R_1 etc.

Pour obtenir alors θ, on mesure sur le cliché l'angle θ' entre les projections sur le plan principal des tangentes en A des trajectoires 2 et 3. On a

$$\cos\theta = \cos\theta' \cos\alpha_1 \cos\alpha_3 + \sin\alpha_2 \sin\alpha_3. \tag{5}$$

Ainsi se trouvent établies des formules valables *en toute rigueur* dans le cas le plus général, sous la seule réserve que l'on suppose égales les charges électriques des deux particules.

Pratiquement, avant d'appliquer (4), on vérifiera tout d'abord que la quantité de mouvement se conserve, que la relation

$$R_1^2 - R_2^2 = 2R_2R_3\cos\theta + R_3^2 \tag{6}$$

n'est pas contredite; la conservation de l'énergie est ensuite obtenue en prenant pour la particule incidente la masse μ donnée par (4).

b. Il a semblé intéressant d'appliquer (4) à un cliché obtenu par l'un de nous en 1935 [5] (*fig.* 2).

Un électron de recul Compton dû à un photon du ThC″ heurte un électron au sein du gaz de la chambre Wilson. Il communique à cet électron une partie notable de son énergie [6]. On a

$$\rho_1 = 3^{\text{cm}},15;\quad \rho_2 = 2^{\text{cm}},03;\quad \rho_3 = 1^{\text{cm}},82;\quad \theta = 72^\circ;\quad H = 1400 \text{ gauss};$$

les trois trajectoires sont dans le plan principal. La relation (6) est bien vérifiée. On peut alors se placer à un double point de vue :

Ou bien se demander si la particule incidente est bien un électron, la formule (4) donne $\mu = 1,03 \pm 0,20$, répondant par l'affirmative à cette question.

Ou bien on peut admettre comme évident que la particule incidente est un électron, et alors, en donnant dans (4) à μ la valeur 1, chercher si la relation obtenue ainsi entre les diverses grandeurs de cette formule est bien vérifiée. Le calcul répond affirmativement et fournit une vérification assez frappante et directe des formules relativistes concernant la conservation de la quantité de mouvement et de l'énergie, en particulier une vérification directe de la formule de variation de la masse avec la vitesse, et de l'expression de l'énergie. On peut d'ailleurs montrer qu'un traitement non relativiste conduit à des résultats absurdes; l'angle θ devrait avoir la

(5) L. Leprince-Ringuet, *Thèse*, 1936, Paris, p. 33.

(6) Un cliché analogue a été observé antérieurement par F. Joliot et publié dans *Radioactivité* de Mme Curie, Paris.

valeur 90°, dans le cas où $\mu = 1$. (Le cliché obtenu par F. Joliot conduit aux mêmes conclusions.)

Ainsi ce cliché de choc d'un électron contre électron et le cliché déjà cité relatif au choc d'un mésoton contre un électron représentent deux cas d'application de la formule (4) dans des conditions physiques bien différentes. L'ensemble de ces deux clichés illustre la puissance de cette méthode des chocs élastiques.

HYDRAULIQUE. — *Étude des oscillations provoquées dans les chambres d'équilibre par les manœuvres de fermeture.* Note de M. **Léopold Escande**, présentée par M. Charles Camichel.

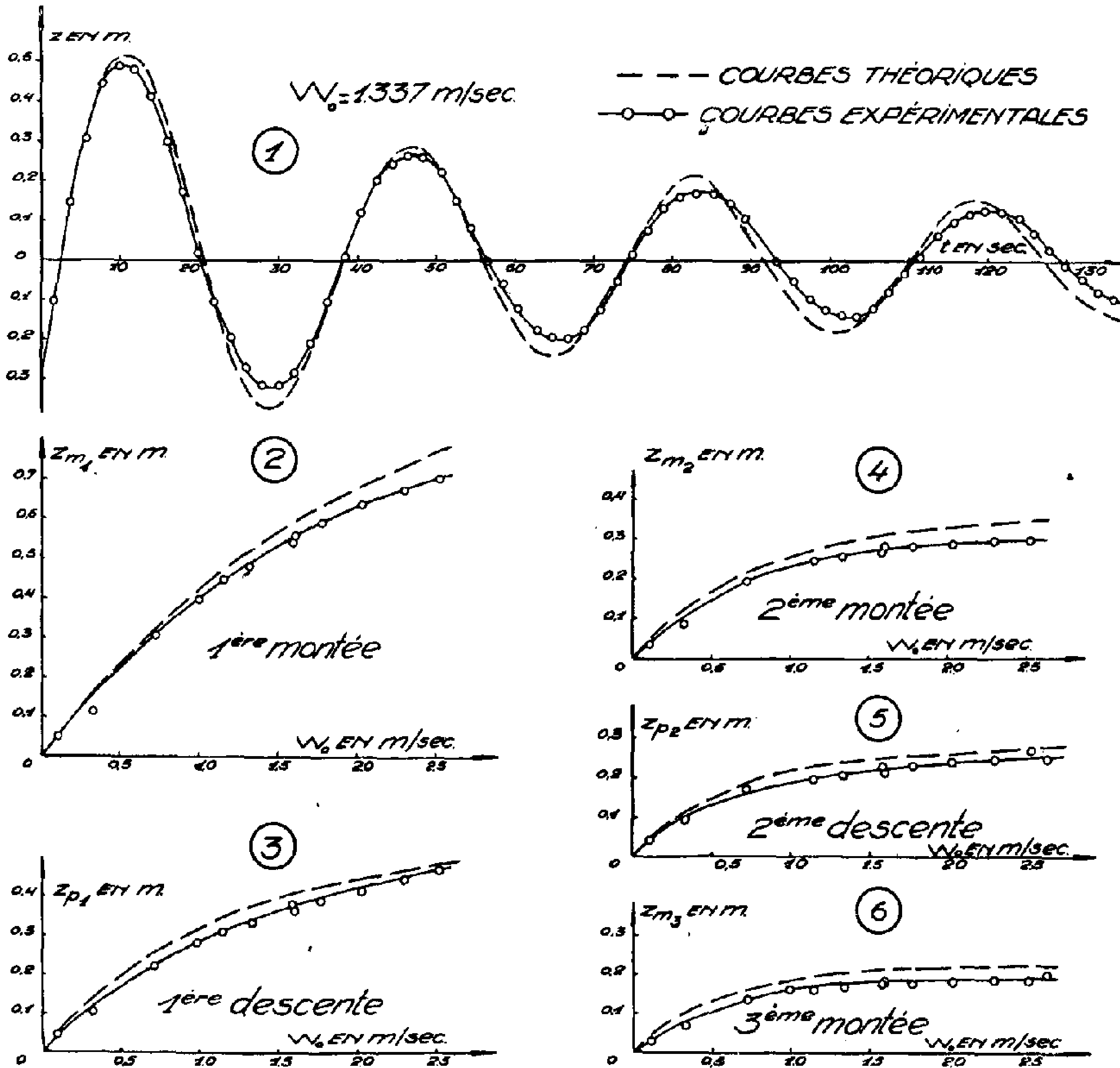
Nous avons effectué des recherches expérimentales systématiques sur les oscillations provoquées, dans les chambres d'équilibre à section constante, par les manœuvres instantanées de fermeture, complètes ou partielles. Pour l'étude théorique des phénomènes, nous avons utilisé les équations de M. Denis Eydoux et les constructions graphiques de MM. Calame et Gaden.

Nous avons utilisé deux modèles géométriquement semblables, dans le rapport 5; dans le plus grand, le canal d'amenée a une section circulaire de $0^{m},30$ de diamètre et une longueur de $28^{m},70$; la cheminée elle-même, verticale, a une section circulaire de 1^{m} de diamètre; une vanne, intercalée dans le canal d'amenée de chacun des modèles, permet de faire varier à volonté les pertes de charge à l'intérieur de ces deux ouvrages, et, en particulier, de leur donner des valeurs hydrauliquement semblables.

La mesure des débits se fait au déversoir, pour le grand modèle; par jaugeage, pour le petit; l'enregistrement des oscillations, par l'intermédiaire d'un flotteur, est effectué directement sur un appareil Boulitte de précision, pour le petit modèle; dans le cas du grand, les déplacements d'un point lumineux, solidaire du flotteur, sont photographiés sur une plaque subissant un déplacement uniforme horizontal; le temps est mesuré par l'inscription d'un chronographe, dans le cas du petit modèle; par l'impression, sur la plaque, de l'image d'un point périodiquement lumineux, dans le cas du grand.

1° *Fermetures complètes.* — La figure 1 donne un exemple d'oscillation, enregistrée sur le grand modèle et comparée à la courbe théorique correspondante. La concordance est bonne, pour les amplitudes et pour les

périodes. Ce résultat est général, comme le montrent les figures 2, 3, 4, 5 et 6, qui, en fonction de la vitesse W_0 existant en régime permanent, dans le canal d'amenée, avant la fermeture, donnent les valeurs théoriques



et expérimentales des amplitudes des oscillations successives, obtenues dans une de nos séries d'expériences : l'amortissement des oscillations suit la loi de décroissance théorique avec une bonne approximation; les divergences constatées sont dans le sens de la sécurité, les points expérimentaux étant tous situés au-dessous des courbes théoriques.

Les autres séries d'expériences effectuées, soit sur ce modèle, soit sur le petit, confirment le caractère de généralité de ces résultats. Elles montrent, par ailleurs, que la similitude de Reech Froude se vérifie bien, au moins

dans les premières oscillations, l'influence de la viscosité provoquant un amortissement plus rapide dans le petit modèle.

2° *Fermetures partielles.* — Nous les avons étudiées, en raison de leur importance pratique, le déclenchement d'un groupe laissant subsister le débit de fuite. Les expériences ont été faites, d'une part à l'usine de Gripp, sur l'Adour, d'autre part sur nos modèles. Les résultats de Gripp accusent des différences assez notables, vis-à-vis des prévisions théoriques, ce qui peut s'expliquer, principalement, par l'existence de poches d'air dans le canal d'amenée, dues au fait qu'il est très faiblement en charge et garni d'anneaux de renforcement locaux, faisant saillie et retenant l'air. Ces différences disparaissent dans les mesures faites au laboratoire, dont les résultats présentent un degré d'approximation comparable à celui que nous avons obtenu dans l'étude des fermetures complètes. C'est ainsi que, pour le déplacement vertical du plan d'eau, à partir de sa position correspondant au régime permanent initial, au cours de la première montée, nous obtenons les valeurs théoriques et expérimentales suivantes :

Valeurs	Expériences... de Gripp.			du Laboratoire.				
théoriques (en cm)....	167,8	215,3	257,0	5,54	9,19	20,06	28,24	23,73
expérimentales (en cm).	135,8	167,3	195,0	5,68	9,37	18,67	27,37	22,99

ASTROPHYSIQUE. — *Les raies brillantes de la couronne solaire et l'effet Stark de l'hélium.* Note [1] de M. **Junior Gauzit**, transmise par M. Charles Fabry.

B. Edlén [2] a récemment proposé d'identifier les principales raies brillantes de la couronne solaire par des transitions interdites dues à Fe X, Fe XI, Fe XIII, Fe XIV, et aussi à divers degrés d'ionisation du nickel et du calcium, le potentiel moyen d'ionisation étant de 400 électron-volts. Si cette identification est correcte, elle entraînera une importante modification des théories de la couronne.

I. J'ai été conduit à une hypothèse tout à fait différente de celle d'Edlén sur l'origine des raies coronales : elle a pour point de départ les relations très vraisemblables, plusieurs fois signalées, entre les raies coronales et l'hélium, qui est l'élément le plus abondant après l'hydrogène dans

(1) Séance du 17 novembre 1941.

(2) *Arkiv för matematik, astronomi och fysik*, 28, 1941, p. 1.

l'atmosphère solaire. Ainsi plusieurs radiations de HeI sont très fortes dans la chromosphère et les protubérances, et leur intensité varie dans le même sens que pour la raie coronale 5303 Å; on trouve cette dernière raie associée au spectre de l'hélium dans la chromosphère supérieure. Dans la seule étoile Nova RS Ophiuchi, où l'on a observé des radiations du coronium, les raies de H, HeI et HeII étaient visibles en même temps, et les détails de structure étaient les mêmes pour les radiations du coronium et de l'hélium. Enfin, comme l'a signalé A. Rosenthal ([3]), il existe un parallélisme remarquable entre l'ensemble des raies coronales les plus brillantes et le spectre (de triplets surtout) de HeI : l'analogie est d'ailleurs plus frappante encore si l'on complète le tableau de Rosenthal en rapprochant les deux raies coronales infrarouges 10798 et 10747 Å, très intenses, récemment découvertes par B. Lyot, et le triplet 10830 Å de HeI.

Rosenthal ([3]) a proposé d'expliquer les raies coronales par le spectre de l'hélium doublement excité (électron interne sur le niveau $2s$). Après avoir reconnu que l'on ne sait pas prévoir exactement ce spectre, S. Goudsmit et T. Y. Wu ([4]) ont repris cette hypothèse, car elle expliquerait les relations précédentes et aussi la largeur des raies coronales, cette largeur paraissant impliquer des états quantiques instables à très courte durée de vie, comme le sont les états atomiques à deux électrons excités. Mais des objections se présentent : absence difficile à comprendre des raies habituelles de He I et He II dans la couronne; origine énigmatique de la grande énergie d'excitation (60 électron-volts environ) qui serait nécessaire; échec des nombreuses tentatives faites pour obtenir au laboratoire le spectre de l'hélium doublement excité. En fait Kreisler ([5]) a montré que les durées de vie des états quantiques doublement excités de l'hélium doivent être limités à 10^{-14} seconde environ et, dans ce cas, les *raies* de l'hélium seraient trop larges pour être observables.

II. Admettant que les principales raies coronales appartiennent en réalité à l'hélium, j'ai cherché une nouvelle explication. Une seule hypothèse paraît vraisemblable, celle d'un effet Stark. Malheureusement cette hypothèse ne peut pas avoir pour base certaine un calcul exact des longueurs d'onde, car nos connaissances sur l'effet Stark pour des champs intenses sont insuffisantes.

([3]) *Zeitschrift für Astrophysik*, 1, 1930, p. 115.
([4]) *The Astrophysical Journal*, 80, 1934, p. 154.
([5]) *Physica Acta Polonica*, 4, 1935, p. 151.

Pourtant, si l'extrapolation des résultats expérimentaux est inadmissible, la théorie des perturbations permet de prévoir la transformation du spectre de l'hélium dans un champ électrique. Le calcul a été fait par J. S. Foster (6); il conduit à admettre, dans un champ très intense, des formules linéaires comme expressions du déplacement, exprimé en nombres d'ondes par centimètre, d'une composante en fonction de l'intensité E du champ électrique. On voit ainsi que la raie 5875 Å de HeI donne, notamment, deux composantes dont les nombres d'ondes ν par centimètre sont donnés par l'équation approchée

$$\nu = 17033 \pm 1,938.10^{-4} E;$$

ces composantes coïncident sensiblement avec les deux raies coronales 5303 et 6702 Å pour $E = 10^7$ volts/cm. Dans un tel champ le triplet 10830 Å de l'hélium ne doit pas subir de déplacement, mais un dédoublement (bien supérieur à celui des termes ordinaires de l'orthohélium), et l'on peut admettre qu'il donne naissance aux raies coronales 10798 et 10747 Å. A plusieurs autres radiations de l'orthohélium correspondent des composantes qui, vraisemblablement fortes dans un champ intense, sont voisines des raies coronales pour un champ de 10^7 volts/cm environ. Une douzaine des raies coronales les plus intenses paraissent pouvoir être ainsi interprétées. En vérité certaines coïncidences restent vagues : ainsi la raie coronale 3388 Å correspond vraisemblablement à une composante de la raie 3888 Å de HeI, mais l'accord serait meilleur en prenant dans ce cas $E = 8.10^6$ volts/cm.

III. La difficulté de cette nouvelle hypothèse sur l'origine des raies coronales est qu'elle suppose la présence d'un champ électrique extraordinairement intense dans la couronne solaire. Il ne peut être question ni d'un champ constant, qui produirait la séparation des ions et des électrons, constituants probables de la couronne, ni d'un champ interatomique ordinaire, qui serait très faible. Mais on peut montrer que, par suite de l'inertie de l'effet Stark, le champ interatomique devient très grand si les électrons ou les ions se déplacent sur des trajectoires parallèles.

---

(6) *Proc. Roy. Soc. London*, A, 117, 1927, p. 137.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur une extension de la méthode des spectres à la mécanique ondulatoire relativiste de M. De Donder.* Note de M. **Georges Biben**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous avons étudié [1] l'intégration de l'équation de M. De Donder et déterminé l'onde monochromatique; ceci conduit à l'équation du type elliptique

$$\Delta_2\varphi + k^2\varphi = 0;$$

$\Delta_2\varphi$ est le second paramètre différentiel de Beltrami

$$\frac{1}{\sqrt{g}}\frac{\partial}{\partial x^i}\left(\sqrt{g}\,g^{ik}\frac{\partial\varphi}{\partial x^k}\right) \qquad (i, k = 1, 2, 3),$$

avec $g_{ik} = g_{ki}$ et $g^{ij}g_{ik} = \delta^j_k$, et le $ds^2 = g_{ik}\,dx^i\,dx^k$ est défini positif.

En mécanique ondulatoire, la fonction φ est complexe; nous allons déterminer les valeurs propres de la constante k^2 et démontrer ce théorème :

Pour qu'il existe une fonction φ complexe satisfaisant aux équations

$$(1) \qquad \Delta_2\varphi + k^2\varphi = 0, \qquad \Delta_2\varphi^\star + k^2\varphi^\star,$$

en tout point du domaine D *et telle que $\varphi = \varphi^\star = 0$ en tout point de la frontière* F *du domaine* D ($\varphi^\star$ *désigne la fonction conjuguée de* φ), *il faut et il suffit que k^2 soit une valeur stationnaire du quotient*

$$f(\varphi, \varphi^\star) = \frac{\int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\,dT}{\int_D \varphi\varphi^\star\,dT},$$

dT *étant la densité tensorielle de l'élément de volume.*

La condition est nécessaire, car, si k^2 est une valeur stationnaire du quotient $f(\varphi, \varphi^\star)$, on a

$$\frac{\int_D \varphi\varphi^\star\,dT\,\delta\int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\,dT - \int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\,dT\,\delta\int_D \varphi\varphi^\star\,dT}{\left[\int_D \varphi\varphi^\star\,dT\right]^2} = 0;$$

---

[1] *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 726.

comme $\int_D \varphi\varphi^\star\, dT > 0$, on peut écrire

$$\int_D \varphi\varphi^\star \delta \int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\, dT - \int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\, dT\, \delta \int \varphi\varphi^\star\, dT = 0,$$

ou

$$\delta \int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\, dT - k^2 \delta \int_D \varphi\varphi^\star\, dT.$$

Or

$$\delta \int_D \varphi\varphi^\star\, dT = \int_D \varphi\, \delta\varphi^\star\, dT + \int_D \varphi^\star\, \delta\varphi\, dT.$$

On sait (Darboux, *Leçons sur la théorie générale des surfaces*, 3, p. 200) que

$$\int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\, dT = -\int_D \varphi^\star \Delta_2 \varphi\, dT,$$

et comme, en vertu de nos hypothèses, $\Delta_1(\varphi, \varphi^\star) = \Delta_1(\varphi^\star, \varphi)$, on peut écrire

$$\int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\, dT = -\frac{1}{2}\left[\int_D \varphi^\star \Delta_2 \varphi\, dT + \int_D \varphi\, \Delta_2 \varphi^\star\, dT\right],$$

donc

$$\delta \int_D \Delta_1(\varphi, \varphi^\star)\, dT$$
$$= -\frac{1}{2}\left[\int_C \delta\varphi^\star \Delta_2 \varphi\, dT + \int_D \varphi^\star \Delta_2\, \delta\varphi\, dT + \int_D \delta\varphi\, \Delta_2 \varphi^\star\, dT + \int_D \varphi\, \Delta_2\, \delta\varphi^\star\, dT\right];$$

et, puisque $\varphi = \varphi^\star = \delta\varphi = \delta\varphi^\star = 0$ sur la frontière F de D, on a

$$\int_D \delta\varphi^\star \Delta_2 \varphi\, dT = \int_D \varphi\, \Delta_2\, \delta\varphi^\star\, dT, \qquad \int_D \delta\varphi\, \Delta_2 \varphi^\star\, dT = \int_D \varphi^\star\, \Delta_2\, \delta\varphi\, dT,$$

donc

$$\int_D (\Delta_2 \varphi + k^2 \varphi)\, \delta\varphi^\star\, dT + \int_D (\Delta_2 \varphi^\star + k^2 \varphi^\star)\, \delta\varphi\, dT = 0,$$

ce qui entraîne

$$\Delta_2 \varphi + k^2 \varphi = 0 \qquad \text{et} \qquad \Delta_2 \varphi^\star + k^2 \varphi^\star = 0.$$

La condition est suffisante, car, si $\Delta_2 \varphi + k^2 \varphi = 0$ et $\Delta_2 \varphi^\star + k^2 \varphi^\star = 0$, en tout point de D, on a

$$\int_D [\Delta_2 \varphi + k^2 \varphi]\varphi^\star\, dT = 0 \qquad \text{et} \qquad \int_D [\Delta_2 \varphi^\star + k^2 \varphi^\star]\varphi\, dT = 0;$$

or

$$\int_{\text{D}} \varphi^* \Delta_2 \varphi \, d\Gamma = -\int_{\text{D}} \Delta_1(\varphi, \varphi^*) \, d\Gamma \qquad \text{et} \qquad \int_{\text{D}} \varphi \Delta_2 \varphi^* \, d\Gamma = -\int_{\text{D}} \Delta_1(\varphi, \varphi^*) \, d\Gamma;$$

par conséquent

$$\int_{\text{D}} \Delta_1(\varphi, \varphi^*) \, d\Gamma - k^2 \int_{\text{D}} \varphi\varphi^* \, d\Gamma = 0.$$

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les relations qui existent entre le spin et les statistiques.* Note [1] de M. **Jean Mariani**, présentée par M. Louis de Broglie.

Différents auteurs ont essayé de démontrer mathématiquement que les corpuscules de spin demi-entier satisfaisaient à la statistique de Fermi-Dirac et les corpuscules de spin entier à celle de Bose-Einstein [2]; il ne semble pas qu'une démonstration rigoureuse ait pu être obtenue; nous allons montrer qu'en admettant notre hypothèse de la quantification angulaire [3], on aboutit au résultat cherché.

Cette hypothèse paraît pouvoir être justifiée comme il suit : le groupe des rotations autour de l'axe des z s'exprime par les transformations de la forme [4]

$$u(\alpha) = e^{\frac{2\pi i}{h}\alpha M_z}, \tag{1}$$

M_z étant l'opérateur infinitésimal $x(\partial/\partial y) - y(\partial/\partial x)$, α l'angle de rotation autour de l'axe des z; M_z représente, à $h/2\pi i$ près, le moment de rotation autour de Oz; ses valeurs propres sont $m(h/2\pi)$; d'autre part, α et M_z représentent un couple de variables canoniquement conjuguées comme on le voit en passant en coordonnées polaires, pour lesquelles M_z a la forme $(h/2\pi i)(\partial/\partial\alpha)$ et satisfait à $M_z\alpha - \alpha M_z = h/2\pi i$; le facteur en exposant dans (1) représente une intégrale d'action; la condition des états stationnaires de Broglie-Brillouin $\psi^{n2\pi i}$ indique alors que α est au moins égal à 2π; le même résultat s'obtient en remarquant que l'intégrale de Bohr-Sommerfeld doit être étendue à la période angulaire 2π ou que le

(1) Séance du 24 novembre 1941.

(2) M. Fierz, *Helvetica Physica Acta*, 12, 1939, p. 3; de Wet, *Physical Review*, 57, vii, avril 1940, p. 646.

(3) J. Mariani, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1483.

(4) Born et Jordan, *Elementare Quantenmechanik*, 2, 1930, p. 137.

principe d'Heisenberg donne dans ce cas $\Delta\alpha = 2\pi$; on ne peut donc pas observer la rotation autour de Oz, ce qui s'exprime encore par le fait qu'on peut introduire un facteur de phase arbitraire qui modifie la valeur de α dans (1).

Des conclusions analogues sont valables en ce qui concerne le spin; considérons le spin 1/2 : le moment d'impulsion du spin S_z est défini par la transformation virtuelle du groupe unitaire à deux variables

$$(2) \qquad \frac{d\xi}{d\alpha} = \frac{i}{2}\xi = \frac{i}{2}\begin{vmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{vmatrix}\xi = \frac{2\pi i}{h}S_z\xi; \qquad \frac{d\eta}{d\alpha} = -\frac{i}{2}\eta = +\frac{2\pi i}{h}S_z\eta;$$

ξ et η sont les deux fonctions d'onde, $\alpha/2$ l'angle de rotation dans l'espace des ξ, η; S_z est le moment du spin dans la direction Oz; on a, d'après (2),

$$S_z = \frac{h}{2\pi i}\frac{d}{d\alpha};$$

S_z et α sont donc canoniquement conjuguées, et, comme l'incertitude sur la valeur de S_z le long de Oz est

$$\Delta S_z = \left(\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}\right) - \left(-\frac{1}{2}\frac{h}{2\pi}\right) = \frac{h}{2\pi},$$

on tire du principe de Heisenberg que $\Delta\alpha = 2\pi$ ou $\Delta\alpha/2 = \pi$; les rotations de π sont donc seules observables dans l'espace ξ, η; elles correspondent aux rotations spatiales de 2π autour de Oz, c'est-à-dire à la substitution identique, dans l'espace des x, y, z, pour lequel

$$x + iy \sim 2\xi^*\eta, \quad x - iy \sim 2\xi\eta^*, \quad z \sim \xi\xi^* - \eta\eta^*.$$

Toutes ces transformations concernent donc des mouvements inobservables; les conditions de quanta usuelles relatives à la fonction d'action S expriment que le mouvement de l'électron dans l'atome défini par ψ est inobservable et correspond expérimentalement à la substitution identique; en effet, de $\psi = e^{\frac{2\pi i}{h}S} = 1$, on tire $S = nh$; de même, de $u = 1$ dans (1), avec $M_z = n(h/2\pi)$, on tire la quantification angulaire; pour le spin 1/2, à la transformation identique autour de Oz, correspond la transformation ± 1 pour les ξ, η en raison des propriétés connues du groupe unitaire; pour le spin entier, à la transformation identique des x, y, correspond la tansformation identique dans l'espace des fonctions d'onde vectorielles.

Soient maintenant f corpuscules identiques, le $k^{\text{ième}}$ ayant les coordonnées $q_k = x_k, y_k, z_k, s_k$; s_k étant la variable de spin; la fonction

d'onde globale est $\psi(x_1, y_1, z_1, s_1, \ldots, x_f, y_f, z_f) = \psi(q_1, \ldots, q_f)$; une permutation Pq_k donne $\psi(Pq_k) = P\,\psi(q_k)$; suivant les auteurs ([5]), elle peut s'écrire, en introduisant le facteur de phase α : $P\,\psi = e^{i\alpha}\psi$, ce qui représente avec $\psi'^* = e^{-i\alpha}\psi^*$ une rotation complexe dans l'espace ψ d'angle α; comme $P^2 = 1$, $e^{2i\alpha} = 1$, d'où $e^{i\alpha} = \pm 1$; la valeur minima de α est donc $\alpha = \pi$ ou $\alpha = 2\pi$; si P représente une transposition, π est le quantum angulaire du groupe des rotations lié au spin demi-entier; ψ est antisymétrique et satisfait à la statistique de Fermi; 2π est le quantum angulaire du spin entier; dans ce cas, ψ ne change pas de signe et satisfait à la statistique de Bose; réciproquement, l'existence de deux quanta angulaires, π et 2π liés respectivement aux représentations $D_{1/2}$ et D_1 du groupe des rotations, entraîne l'antisymétrie ou la symétrie de ψ pour une transposition; plus généralement $\alpha = n\pi$ ou $n2\pi$; dans le cas antisymétrique, ψ ne change donc de signe que pour une permutation impaire.

PHYSIQUE. — *La formulation d'une loi expérimentale par une fraction rationnelle ou par une somme de fonctions orthogonales.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

I. Reprenant l'étude de la représentation ([1]), par une fraction rationnelle à 5 paramètres, de toutes sortes de lois, soit expérimentales, soit analytiques, présentant un maximum, une inflexion et une asymptote horizontale, nous apportons ici de premiers résultats au sujet de l'influence, sur l'approximation obtenue, du choix des intervalles partiels partageant, par les abscisses $x_1 x_2 x_3 x_4$, l'intervalle total $(0, x_5)$. On a examiné comment variait l'erreur entachant l'origine de la courbe à représenter lorsque, ayant pris pour x_1 l'abscisse du maximum, pour x_2 le double de x_1, on faisait croître, soit le brin d'arc en deçà du maximum, soit les trois intervalles, pris égaux entre eux, au delà de x_2. Le tracé des réseaux de courbes d'écart ainsi obtenus montre des différences d'allure inattendues : on aurait ainsi le moyen de déceler, jusqu'à un certain point, des différences assez cachées entre des fonctions expérimentales (et peut-être de caractériser ainsi des types vraiment distincts). Par contre, le paramètre D([1]) semble

([5]) L. Brillouin, *La méthode du champ self-consistent* (*Actualités scientifiques*, n° 71, 1933, Paris).

([1]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 433.

peu influencé par la nature même de la fonction à représenter, et ne dépend guère que de la différence d'abscisse entre le sommet et le point d'inflexion.

II. Mais, avant de poursuivre ces recherches, nous devons revenir sur le problème de la meilleure formulation en soi. Elle sera effectuée au moyen d'une expression mathématique contenant le nombre de paramètres nécessaire, et astreinte seulement à n'introduire ni *rectification*, ni courbure, ni accident qui ne seraient pas imposés par la *nature* du phénomène physique à représenter. Si l'on ne restreint pas le nombre des paramètres admis, on peut, en principe, user des expressions les plus variées; ce qui est seul important, c'est la *manière* dont elles seront liées aux données expérimentales. Les développements à utiliser de préférence seront donc ceux qui se prêteront le plus naturellement à une détermination rationnelle à partir de données.

III. L'attention est attirée au premier chef sur les représentations par *fonctions orthogonales*, dont le développement en série de Fourier est le type le plus courant. Tout d'abord elles ont une signification profonde, étant les *fonctions propres* des théories physiques contemporaines. Ensuite, le calcul des coefficients introduit des expressions E_m simples obtenues par le produit de la fonction expérimentale par l'expression F_m dont le signe alterne, sorte de *valeurs moyennes* prises le long d'intervalles partiels, formées selon des règles n'introduisant aucun arbitraire, et par lesquelles on peut objectivement caractériser les données expérimentales. Enfin, le rang du terme vers lequel il faut arrêter le développement a une signification objective : en effet, le calcul du produit de l'ordonnée expérimentale par F_m a un sens physique, tant que les sinuosités de la courbe expérimentale brute gardent le caractère de sinuosités accidentelles, c'est-à-dire restent nettement plus serrées que les sinuosités naturelles de F_m qui vont se serrant quand m croît; suivant la qualité des expériences, on pourra donc pousser jusqu'à des valeurs de m plus ou moins grandes; la courbe représentative que l'on pourra déduire de l'utilisation de ces F_m comportera toute l'approximation compatible avec la qualité des expériences, sans avoir l'apparence d'une précision plus grande, et passera au milieu des points expérimentaux comme une courbure non pas sinueuse, mais tendue.

IV. Nous allons montrer que les représentations par fonctions orthogonales ont encore cette propriété capitale d'obéir *d'elles-mêmes* à la loi des *moindres carrés*, sous la forme *continue* ([2]) que nous lui avons donnée.

([2]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 565.

Nous rappelons que, dans notre conception ([3]) (à laquelle se rattachait notre manière de calculer la valeur moyenne d'une fonction expérimentale), la *réalité* expérimentale, ce n'est pas les quelques expériences effectuées; c'est au contraire tout ce que permettent, *en puissance*, le matériel expérimental, la préparation des expériences et les qualités de l'expérimentateur : les possibilités ne sont pas *toutes* épuisées par les mesures faites, simples valeurs *isolées*. En conséquence il existe, non quelques points expérimentaux isolés, mais une courbe expérimentale complète, sans doute tourmentée et peut-être discontinue, mais dont, au sens moderne, on peut calculer l'intégrale, et dont on peut déduire d'autres intégrales, évaluées comme nous l'avons antérieurement ([1]) expliqué. *Ce sont ces intégrales qui traduisent la réalité expérimentale.*

De l'étude que nous avions faite de la méthode des moindres carrés ([2]), ([4]), il résulte que, si l'on pose minimum l'intégrale du carré de l'écart entre la fonction expérimentale ainsi définie, et une expression mathématique dépendant de paramètres à déterminer, les objections opposées à la méthode *ordinaire* des moindres carrés tombent, et, dans des cas très étendus, on ne fait pas autre chose que se plier à une loi imposée par *l'expérience*.

Or, si l'expression mathématique est un développement linéaire, qui peut d'ailleurs être limité,

$$f(x) \equiv A_0 + A_1\varphi_1(x) + A_2\varphi_2(x) + \ldots, \tag{1}$$

la condition de minimum s'exprime, Y étant la fonction expérimentale et l'intervalle expérimental étant $(0, l)$, $\varphi_0(x)$ étant pris égal à 1, par les équations

$$\int_0^l (A_0 + A_1\varphi_1 + A_2\varphi_2 + \ldots)\,\varphi_i\,dx = \int_0^l Y\varphi_i\,dx. \tag{2}$$

Si les φ_i sont des fonctions orthogonales F_i, cette équation (puisque la valeur moyenne de $F_m F_n$ est nulle pour $m \neq n$) est précisément *celle* qui permet le calcul des coefficients du développement suivant les fonctions F successives, ce qui établit la propriété annoncée.

V. Il y a de nombreuses classes de fonctions F (fonctions de Bessel, polynomes de Legendre, ...); $\sin nx$ et $\cos nx$ sont les plus courantes. Un développement limité tel que (1), formé et utilisé brutalement, ne

---

([3]) *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 329.

([4]) *Journal de Physique et Radium*, 1938, p. 38 S.

permettrait qu'une approximation des plus *grossières*. Ajoutons, à propos des développements trigonométriques, et sans le démontrer ici que, *à partir du développement orthogonal*, on peut calculer un développement *utilisable* qui, à cause de son origine, représentera la fonction expérimentale donnée avec toute la fidélité désirable.

THERMOCHIMIE. — *Sur les énergies de formation et de dépolymérisation du paranitrure de phosphore.* Note de M. **Georges Wétroff**, présentée par M. Marcel Delépine.

Ayant montré ([1]), avec H. Moureu et B. Rosen, que le paranitrure de phosphore $(PN)^n$ solide est en équilibre aux températures moyennes avec une phase vapeur composée de molécules PN monomères, j'ai cherché à évaluer la quantité de chaleur qui intervient au cours de cette réaction. Pour l'atteindre, j'ai été amené à déterminer l'énergie de formation du paranitrure de phosphore.

Énergie de formation du paranitrure de phosphore $(PN)^n$. — L'échantillon utilisé dans mes mesures de chaleur de combustion a été préparé à partir du chlorure de phosphonitrile trimère $(Cl^2PN)^3$ par action de l'ammoniac liquide et décomposition pyrogénée du produit obtenu ([2]). Analyse :

Trouvé % : I, P 68,0; N 31,9; II, P 68,2; N 31,7; calculé pour $(PN)^n$: P 68,9; N 31,1.

J'ai étalonné l'ensemble calorimétrique Landrieu-Moureu qui m'a servi avec de l'acide benzoïque du Bureau of Standards. Les particularités propres à mes mesures étaient : l'introduction d'une toute petite quantité d'anhydride phosphorique dans la bombe au moment de sa fermeture pour absorber les dernières traces d'humidité, le remplissage sous 35^{kg} de pression d'oxygène, l'allumage direct par un fil de platine de $1/10^e$ de millimètre de diamètre servant de résistance. J'ai pu arriver à pastiller le paranitrure de phosphore, bien que son caractère vitreux rende cette opération assez délicate. L'élévation de la température du calorimètre était de 3° environ.

Dans ces conditions, j'ai obtenu pour la chaleur de combustion la valeur de 3706 cal/g de paranitrure. Rapportant à la molécule-gramme et prenant

([1]) *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 207.

([2]) H. Moureu et P. Rocquet, *Bull. Soc. chim., France*, 5e série, 3, 1936, p. 835.

en considération l'erreur probable, il vient

$$\frac{1}{n}(PN)n + \frac{5}{4}O^2 = \frac{1}{2}P^2O^5 + \frac{1}{2}N^2 + 166,8 \pm 0,3 \text{ Kcal.}$$

Faisant intervenir maintenant la chaleur de combustion du phosphore blanc ($184,7 \pm 0,9$ Kcal.) déterminée par Giran (3) et sa chaleur d'évaporation 3,30 Kcal. (4), on en déduit la chaleur de formation du paranitrure de phosphore

$$\frac{1}{4}P^4_{\text{vapeur}} + \frac{1}{2}N^2_{\text{gaz}} = \frac{1}{n}(PN)^n_{\text{solide}} + 21 \pm 1 \text{ Kcal.}$$

Énergie de dépolymérisation du paranitrure de phosphore $(PN)^n$. — L'énergie de formation de ce composé nous permettrait d'en déduire avec certitude son énergie de dépolymérisation, si la chaleur de formation de la molécule PN monomère était connue avec exactitude. Tel n'est pas, malheureusement, le cas.

L'étude du spectre émis par la molécule PN a fourni par extrapolation (5) une valeur de 7,8 électron-volts (179,4 Kcal.), mais cette valeur paraît trop élevée pour correspondre à l'énergie de dissociation. A défaut de donnée expérimentale, on peut appliquer la règle empirique suivant laquelle l'énergie de formation de la molécule PN doit être approximativement la moyenne proportionnelle des énergies de formation des molécules P^2 et N^2, étant donné que toutes ces molécules sont très semblables entre elles. Suivant les travaux les plus récents, les énergies de dissociation des molécules N^2 et P^2 sont respectivement $168,8 \pm 0,5$ Kcal. (6) et $115,45 \pm 0,05$ Kcal. (7); on en déduit

$$P_{\text{vapeur}} + N_{\text{vapeur}} = PN_{\text{vapeur}} + 140 \text{ Kcal.}$$

De l'avis des physiciens l'incertitude sur cette valeur peut être de l'ordre de 1/2 électron-volt, soit en gros 12 Kcal.

L'énergie de formation à partir des molécules se calcule alors facilement en faisant intervenir les chaleurs de dissociation des molécules P^2, N^2 et P^4

(3) *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, 30, 1903, p. 203.
(4) Anderson et Yost, *J. Chem. Physics*, 4, 1936, p. 529.
(5) Curry, L. Herzberg et G. Herzberg, *Z. Phys.*, 86, 1933, p. 348.
(6) G. Herzberg et Sponer, *Z. physik. Chem.*, 26, 1934, p. 1.
(7) G. Herzberg, *Annalen der Physik*, 15, 1932, p. 677.

[cette dernière égale à 50 ± 4 Kcal. ([8])] et l'on obtient

$$\frac{1}{4} P^4_{\text{vapeur}} + \frac{1}{2} N^2_{\text{gaz}} = PN_{\text{vapeur}} - 14 \pm 13 \text{ Kcal.}$$

Comparant les énergies de formation des molécules monomères PN et du paranitrure de phosphore, nous calculons immédiatement pour la chaleur de dépolymérisation de ce dernier la valeur de -35 Kcal. Le calcul nous fournit cette valeur avec une approximation de ± 14 Kcal., mais il nous est possible de resserrer davantage ses limites.

En effet, le paranitrure de phosphore est plutôt plus réfractaire à l'action conjuguée de la température élevée et de la pression réduite que ne l'est le phosphore rouge qui se dépolymérise d'une manière analogue en donnant des molécules P^2. Rappelons à ce sujet que l'étude du spectre d'absorption nous a montré que ce n'est que vers 450° C. que la tension de vapeur du paranitrure de phosphore devient suffisante pour faire apparaître un début d'absorption. Par ailleurs, il faut une température de 600° C. environ et une pression réduite de 10^{-4} à 10^{-5} atmosphère pour que, au bout d'un quart d'heure, la sublimation vers les parties froides de l'appareil soit visible.

L'énergie de dépolymérisation du paranitrure de phosphore est donc vraisemblablement supérieure à celle du phosphore rouge (-39 Kcal.) ([8]), et toutes ces considérations m'amènent alors à conclure qu'elle est de l'ordre de -40 à -50 Kcal. par molécule PN. Une meilleure précision ne pourrait être obtenue que par la mesure directe, si elle est réalisable, des tensions d'équilibre ou encore si la spectroscopie arrive à donner expérimentalement la chaleur de formation à partir des atomes de la molécule PN.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Effet de la température et de la dilution sur le spectre d'absorption de l'acide nitrique dans le proche infrarouge. Associations entre acide nitrique et composés oxygénés.* Note ([1]) de M. **René Dalmon**, présentée par M. Aimé Cotton.

Dans le proche infrarouge les *alcools* présentent au moins *deux bandes* ν(OH) *nettement séparées* ([2]). [L'une $\nu(\text{OH})_0$ est caractéristique des molé-

([8]) G. Wétroff, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 903.

([1]) Séance du 24 novembre 1941.

([2]) R. Freymann, *Ann. Phys.*, 20, 1933, p. 243; *Journ. de Phys.*, 9, 1938, p. 517; 10, 1939, p. 1.

cules libres; l'intensité de cette bande augmente quand on élève la température de l'alcool ou quand on le dilue dans CCl^4. L'autre bande $\nu(OH)_s$, caractéristique des molécules associées, a le comportement inverse.]

Précisant un travail antérieur (3) nous avons, en collaboration avec M. R. Freymann, examiné l'influence de la température et de la dilution sur le spectre de NO^3H : Nous montrerons d'abord *que l'acide nitrique pur à 100 % présente deux bandes* $\nu(OH)$, *mais qu'elles ne sont pas nettement séparées : en changeant les conditions expérimentales on passe de l'une* $\nu(OH)_{vl}$ *à l'autre* $\nu(OH)_s$ *de façon continue.*

I. Existence de deux bandes $\nu(OH)$ accolées. — Nous examinerons plus particulièrement ici les bandes harmoniques $3\nu(OH)$ vers $1,017\mu$; mais nous avons entièrement confirmé nos conclusions par l'étude des bandes $2\nu(OH)$ vers $1,48$-$1,52\mu$ (4) et $4\nu(OH)$ vers $0,78\mu$ environ.

A. *Effet de la température.* — A la température ordinaire [voir Note précédente (3) et *fig.* 1], la bande voisine de $1,017\mu$ est très large, tombant brusquement vers $0,98\mu$ et s'élargissant au contraire dissymétriquement vers les grandes longueurs d'onde.

La figure 1 montre que, *lorsque la température s'abaisse à* -40°C., *la partie de la bande située vers les courtes longueurs d'onde diminue fortement d'intensité alors que la région des grandes longueurs d'onde ne s'affaiblit pas sensiblement. Il semble donc bien qu'il y ait deux composantes dans la bande* de $1,017\mu$: l'une, que nous désignerons par $3\nu(OH)_{vl}$, vers les courtes longueurs d'onde, se comporte comme $3\nu(OH)_v$ des alcools; l'autre, vers les grandes longueurs d'onde, se comporte comme $3\nu(OH)_s$; mais ici les deux composantes ne sont pas nettement séparées. *Les résultats précédents sont à rapprocher de ceux obtenus pour l'eau, les glycols, la glycérine, le lactate d'éthyle etc.* (2).

B. *Effet de la dilution.* — L'existence de deux composantes est confirmée par l'examen des solutions d'acide nitrique pur dans le tétrachlorure de carbone et le chloroforme :

Dans une solution à 2,5 % dans CCl^4 (examinée sous 30^{cm} d'épaisseur, correspondant à $0^{cm},75$ d'acide pur), la bande est devenue très sensiblement symétrique : *la composante* $3\nu(OH)_s$ *de la bande est considérablement affaiblie, tandis que* $3\nu(OH)_{vl}$ *est devenue plus intense que dans l'acide pur sous une épaisseur équivalente* (*fig.* 2) : l'acide nitrique est fortement

(3) R. Dalmon et R. Freymann, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 472.

(4) Yeou Ta, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1371.

désassocié dans CCl^4. Les solutions dans $CHCl^3$ fournissent les mêmes résultats que pour CCl^4.

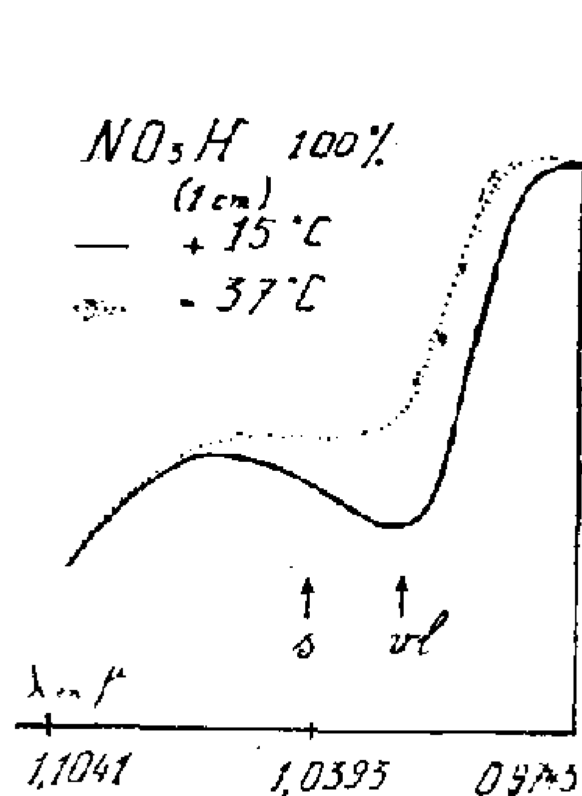


Fig. 1.

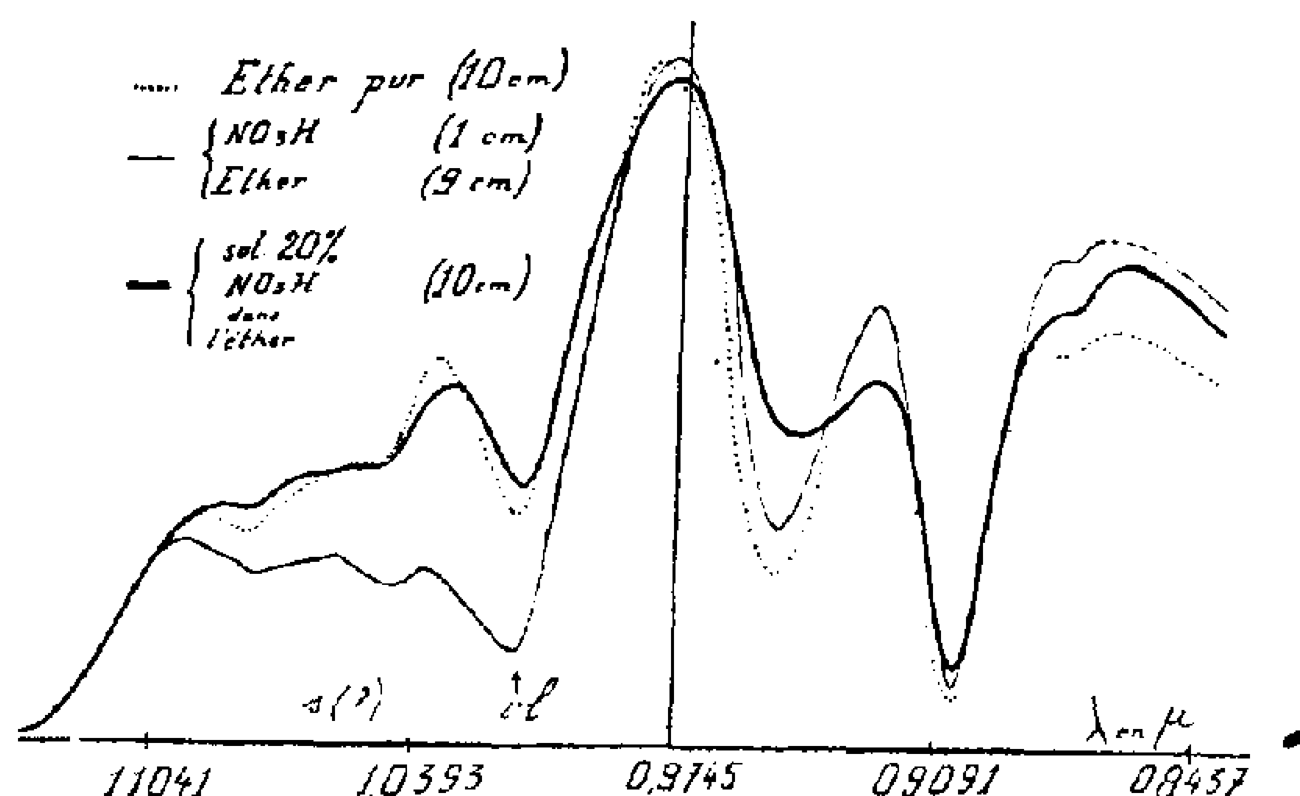


Fig. 3.

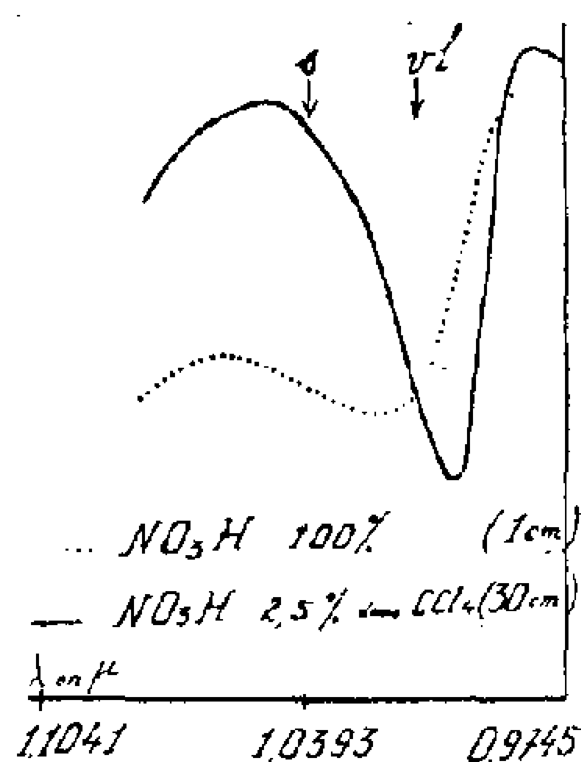


Fig. 2.

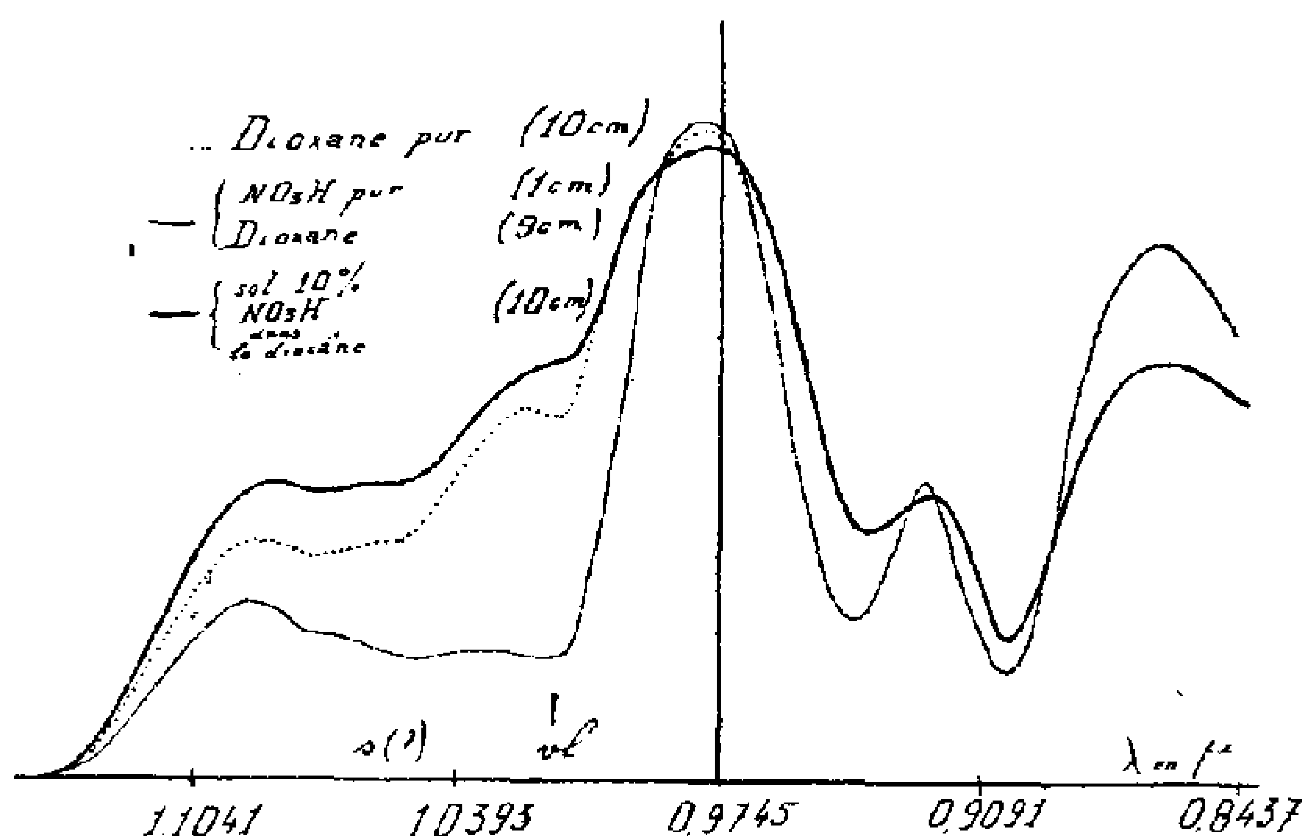


Fig. 4.

L'étude des effets de température et de dilution sur les spectres de NO^3H *montre, en outre, que la composante* $3\nu(OH)_{vl}$ *se déplace vers les courtes longueurs d'onde, du fait de la dilution ou de l'élévation de température;* c'est ce que précise le tableau suivant.

État	Liq. pur — 37°.	Liq. pur + 15°.	Sol. H^2O 92,55 %.	Sol. $CHCl^3$ 50 %.	Sol. $CHCl^3$ 30 %.	Sol. $CHCl^3$ 10 %.	Sol. CCl^4 2,5 %.	Vap.
λ en μ	1,0328	1,0170	1,0170	1,0154	1,0070	1,0057	1,0018	0,9830
ν en cm^{-1}..	9682	9833	9833	9848	9930	9943	9982	10173 ([5])

II. Mélanges acide nitrique-éther et acide nitrique-dioxane. — L'examen

([5]) Badger et Bauer, *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 711 et 5, 1937, p. 839. On compare les spectres 1° du mélange à 10 % de NO^3H dans le dioxane dans une cuve de 10^{cm} d'épaisseur; 2° des deux substances placées à la suite sur le trajet du faisceau dans des cuves de 1 et 9^{cm} respectivement.

des spectres des mélanges alcool-éther et alcool-dioxane ([2]), ([6]), a mis en évidence la disparition de $3\nu(OH)_{vl}$, traduisant ainsi la fixation de l'oxhydrile de l'alcool (par les *valences supplémentaires* de l'oxygène de l'éther) R—O—H → O$\langle$$^{R}_{R}$. Un résultat semblable dans l'effet Raman des solutions de NO^3H a été obtenu par Desmaroux, Chedin et Dalmon ([7]). Il était donc intéressant d'entreprendre l'examen dans le proche infrarouge des mélanges NO^3H-éther et NO^3H-dioxane par la méthode des deux cuves ([5]).

Les figures 3 *et* 4 *montrent que la bande* $3\nu(OH)_{vl}$ *disparaît totalement dans le mélange à* 20 % NO_3 — *éther et à* 10 % NO^3H — *dioxane*. Pour la composante $3\nu(OH)_s$, il semblerait qu'elle ait également disparu, sous réserve de difficultés techniques [présence des bandes (CH)]. *La disparition de* $3\nu(OH)_{vl}$ *confirme bien la fixation de l'hydrogène de* NO^2OH *par les* valences supplémentaires *de l'oxygène de l'éther ou du dioxane.*

Les résultats précédents confirment les conclusions ([8]) que nous avions tirées de l'examen des spectres d'absorption dans l'ultraviolet, des mélanges d'acide nitrique et d'éther : pour obtenir le spectre d'absorption dans l'ultraviolet de la forme non dissociée de l'acide nitrique (forme homéopolaire ou pseudo-forme), il n'est pas correct de le diluer dans un « solvant » tel que l'éther ou le dioxane ainsi que l'ont fait plusieurs chercheurs ([9]); le tétrachlorure de carbone, le chloroforme ou l'hexane sont au contraire tout indiqués.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur les vieillissements artificiels des brais de houille.* Note ([1]) de M. GASTON VARLAN, présentée par M. Camille Gutton.

Il est certain que les produits utilisés pour réaliser l'étanchéité, celle des toitures terrasses en particulier, doivent conserver leurs qualités au moins pendant dix ans. C'est pour juger de leur résistance que des

([6]) R. FREYMANN, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 41; R. FREYMANN et J. GUÉRON, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 859.

([7]) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 455.

([8]) R. DALMON, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 413.

([9]) HANTZSCH, *Ber. d. chem. Ges.*, 58, 1925, p. 941; KORTÜM, *Z. für Physik. Chem.*, 43, 1939, p. 418.

([1]) Séance du 24 novembre 1941.

essais ont été mis au point en laboratoire. Il s'agit d'obtenir en quelques jours le vieillissement que les produits bitumineux acquièrent pratiquement en dix ans. Les résultats les plus évidents nous paraissent être ceux obtenus en renouvelant sur le produit l'action de 25 cycles, chacun d'eux étant constitué par :

1° 1 heure d'immersion en solution sulfurique à 1 % ;

2° 1 heure d'exposition à la pluie artificielle;

3° 1 heure 30 minutes de séjour en atmosphère d'oxygène ozonisé ;

4° 1 heure 30 minutes d'exposition aux radiations solaires artificielles, et notamment ultraviolettes (Lampe Salarca B. 30);

5° 1 heure d'exposition à la pluie artificielle;

6° 1 heure d'immersion dans une solution de potasse à 2 % ;

7° 16 heures de séjour à la température de — 7° C.

Si les bitumes et brais de pétrole se transforment, 1° par attaque lente ou violente des éléments constitutifs et en particulier des pétrolènes; 2° par rupture de l'équilibre du système formé par les éléments constitutifs; par contre (1), l'évaporation est presque l'unique cause du vieillissement des brais de houille.

Je me suis proposé de rechercher si le vieillissement par simple chauffage était comparable au vieillissement par des cycles, et, pour s'en rapprocher, de quelle manière il devait être conduit.

Les essais ont porté sur deux échantillons : de brai sec, de brai 50 (point de ramollissement Kraemer et Sarnow), de brai 40, de brai 35, de brai 25, de ciment volcanique (2 % S, 4 % résines, 94 % brai 50) et (2 % S, 4 % résines, 94 % brai 25).

Les différents produits ont été coulés dans des bacs de 80×300^{mm}, sur une hauteur de 10^{mm}.

Ces bacs ont été disposés en étuve de manière à réaliser pour chacun des produits les quatre épreuves suivantes : *a*. 5 jours à 70° C.; *b*. 10 jours à 70° C.; *c*. 15 jours à 70° C.; *d*. 5 jours à 120° C.

Le brai sec seul s'est fendillé et fragmenté sous l'effet du chauffage; les autres ont donné lieu à la formation d'une pellicule de surface qui a présenté un peu d'alligatorisme dans le cas du brai 50.

Ce type de vieillissement par simple chauffage ne donne pas, au point de vue aspect, les mêmes transformations de surface que le vieillissement par cycles qui, lui, reproduit bien ce qui se passe effectivement sous l'action des intempéries.

---

(1) A. Léauté, *Comptes rendus*, 196, 1933, p. 1729.

Pour les autres caractéristiques : point de ramollissement, ductilité, pénétration à 25° et à 0° C., carbone libre, déterminé par dissolution dans le benzène et filtration au creuset de Gooch; carbone fixe ou coke Conradson, déterminé avec l'appareil du même nom, on peut dire que le vieillissement par chauffage les modifie, sur cette épaisseur d'éprouvettes, d'une façon plus énergique que le vieillissement par cycles.

C'est le vieillissement par chauffage à 70° C., pendant 5 jours, qui donne les résultats les plus semblables à celui des cycles précédemment définis, et c'est lui que nous adopterons de ce fait pour les vieillissements standards des brais de houille.

	Température de ramollissement B et A.			Ductibilité 15° (en cm).			Pénétration en 1/10° de mm à 25°, 100G, 5''.			Carbone fixe.		
Brais.	50.	40.	25.	50.	40.	25.	50.	40.	25.	50.	40.	25.
Produit avant traitement	58°,4	51°,25	40°,0	14,3	>10	>100	9,45	23,8	13	41,2	39,7	36
Vieillissement 25 cycles	58,75	52,8	41,5	2,6	4,3	>100	8,6	25,1	142,7	43,1	41,2	39,4
Vieillissement 5 jours, 70° C.	60,5	53,6	43,2	1,8	3	>100	8,45	23,6	84	43,7	41,2	40,03
Vieillissement 10 » , 70° C.	61,5	55,5	44,75	1,5	2	47	8,2	17,6	53	–	–	–
Vieillissement 25 » , 70° C.	62,2	56,2	47,5	2	2	76,6	5,2	16,7	46,8	45,2	42,1	43,6
Vieillissement 5 » , 120° C.	71,25	70,2	69	1,3	1,25	2	1	2	1	46,4	45,7	46,3

Nous donnons ci-dessus l'évolution des différentes caractéristiques des trois produits due au vieillissement par cycles et aux vieillissements par chauffage, afin de montrer la similitude des résultats.

Je signale enfin que l'essai de ductilité, qui a lieu d'après les normes de l'A. F. N. O. R. à 0°C et à 25°C., pourrait être avantageusement remplacé par un essai à 15°C car à 0° il n'y a pas de ductilité à proprement parler, et les tensions internes provoquent la rupture des éprouvettes dans les têtes. A 25°C par contre, presque tous les produits, sauf le brai sec, présentent un allongement supérieur ou très voisin de 100cm.

Pour la détermination du carbone libre, il y aurait lieu dorénavant de distinguer les parties C_1, C_2, C_3, C_4.

Il n'y a évidemment pas de relation entre le point de ramollissement bille et anneau et le point de ramollissement Kraemer et Sarnow. D'après d'autres essais que j'ai effectués, je pense qu'on peut admettre approximativement la comparaison suivante :

Bille et anneau = Kraemer et Sarnow + 12°C.,

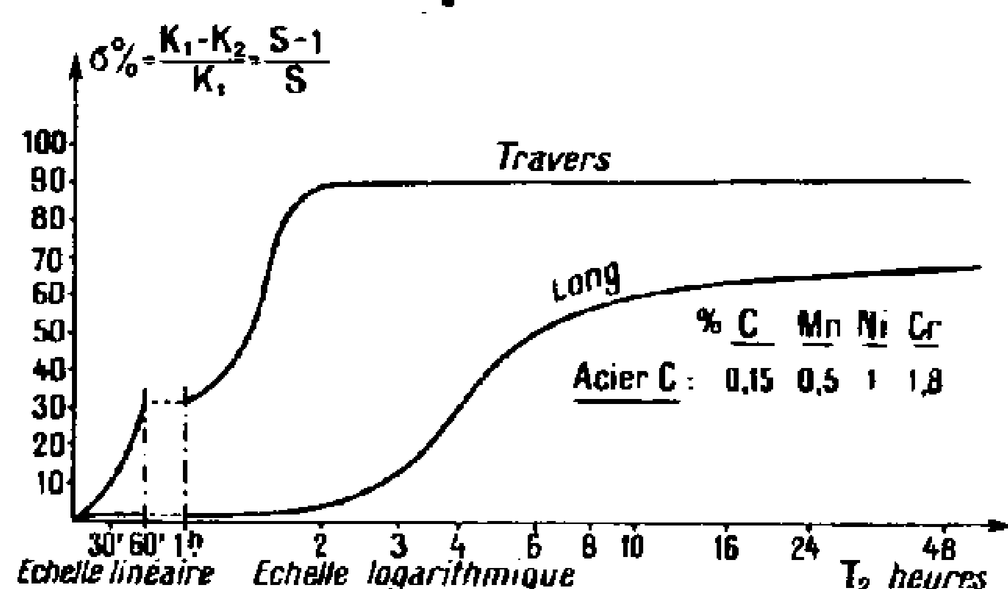
la différence étant moins grande pour les produits à point de ramollissement élevé.

En conclusion, l'essai par simple chauffage à 70° pendant 5 jours permet, à la fois, de réduire de façon très appréciable l'essai de vieillissement fait en laboratoire, de classer rapidement les produits d'après leur valeur, et enfin de s'assurer qu'un brai, utilisé sur un chantier, est susceptible de donner de bons résultats avec le temps.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur la fragilité de revenu des aciers.* Note [1] de MM. **Henri Jolivet** et **René Chouteau**, présentée par M. Léon Guillet

Par des refroidissements après revenu, à vitesse constante, on a mis en évidence une vitesse critique V_c à partir de laquelle apparaît la fragilité dite fragilité de revenu.

Deux grandeurs caractérisent le phénomène, la vitesse critique V_c et la susceptibilité absolue $S = K_1/K_2$ (rapport des valeurs de la résilience aux états résilient et fragile) ou relative $\sigma = (K_1 - K_2)/K_1 = 1 - 1/S$.



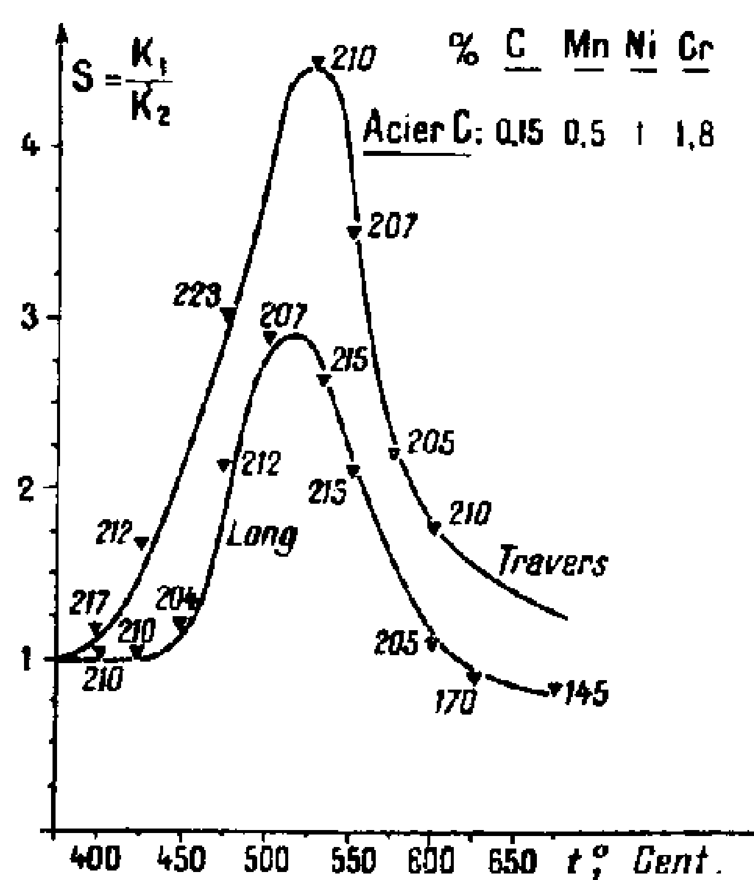


Fig. 1. — $t_2 = 525°$; T_2 variable. Fig. 2. — t_2 variable; T_2, 24 heures.
Trempe, $t_0 = 875°$. Revenu, $t_1 = 675°$, T_1, 1 heure. Séjour isotherme, t_2, T_2.

Ainsi, par exemple, des aciers de même composition chimique ne éléments d'alliage et d'élaboration différente peuvent présenter des susceptibilités comparables et se caractériser par des valeurs différentes de la vitesse critique.

[1] Séance du 24 novembre 1941.

L'existence d'une vitesse critique se rattache à l'existence, au refroidissement, d'un domaine de température où le séjour fait apparaître la fragilité avec une vitesse notable.

L'étude de la cinétique d'apparition de la fragilité aux diverses températures par la méthode des séjours isothermes (*fig.* 1) permet de mettre en évidence directement ce domaine (*fig.* 2) et de préciser l'influence des conditions initiales (température et durée du revenu) ou du sens de prélèvement (long et travers).

Elle permet en outre de montrer :

que la fragilité n'est pas en relation avec le *mode* de décomposition de l'austénite (voir le tableau) et se manifeste dans les trois domaines (Ar′, Ar″, Ar‴);

que la fragilité n'est pas davantage en relation avec les phénomènes de revenu et disparaît ou réapparaît au cours de réchauffages *successifs* suivis de refroidissements rapides ou lents.

Son intensité est cependant variable avec la température et la durée du séjour isotherme, soit au cours de la décomposition de l'austénite, soit au cours du revenu.

Sans rapport avec les phénomènes de trempe et de revenu proprement dits, la fragilité ne se manifeste cependant qu'après un chauffage préalable dans le domaine austénitique à température suffisante.

État 0, décomposition isotherme ($t_0 T_0$), refroidissement à l'eau.
État 1, état 0 suivi de revenu (675°, 1 heure), refroidissement à l'eau.
État 2, état 0 suivi de revenu (675°, 1 heure), séjour isotherme (525°, 24 heures).

Domaine.	t_0.	T_0.	Δ_0.	K_0.	Δ_1.	k_1.	Δ_2.	K_2.	S.
Ar′.....	740°	30′	302	3	149	24,7	156	21	1,1
	720	330	156	22,1	156	23,1	143	21	1,1
	650	30	212	18,8	207	23,7	197	11	2,1
Ar″.....	500	30	341	5,6	207	24,7	127	11,4	2,1
	400	2h	269	10,8	248	20,1	248	7,8	2,7
	275	8h	302	13,4	212	21,4	212	7,8	2,7
Ar‴.....	Tr. eau 20°		363	9,3	200	24	200	8,7	2,7

Ceci peut être en relation avec la réalisation d'une dispersion *initiale*, par mise en solution et précipitation de phases dont la nature n'est pas précisée.

La coalescence de cette dispersion (résultant de la température et de la durée du séjour isotherme de décomposition de l'austénite ou du revenu) supprime la possibilité de mettre en évidence ultérieurement la fragilité.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'état et la diffusion de l'hydrogène dans le fer pur à la température ordinaire.* Note [1] de MM. **Georges Chaudron** et **Léon Moreau**, présentée par M. Paul Lebeau.

On peut fixer l'hydrogène sur les métaux, en particulier sur le fer, par électrolyse d'une solution acide dans laquelle le métal forme la cathode; le fer peut également absorber de l'hydrogène par simple attaque superficielle ou décapage du métal. Nous nous proposons de montrer dans cette Note qu'il existe des différences fondamentales entre ces deux modes de chargement en hydrogène.

Nous avons utilisé dans nos expériences du fer pur privé de ses gaz par la méthode du bombardement électronique [2]. L'échantillon de fer a une dureté initiale de 90 unités Brinell.

Traitement subi par le métal.	Volume en cm³ de H^2 extrait pour 100g de métal : par bombardement électronique.	par le vide.	Dureté superficielle en unités Brinell.
Tableau I.			
Fer pur recuit dégazé......	0	0	90
Fer recuit :			
Électrolyse à — 10°........	73	8	120
Électrolyse à 15°..........	30	7	100
Fer écroui :			
Électrolyse à — 10°........	132	5	–
Électrolyse à 15°..........	48	3	–

Tableau II.

			H^2 total en cm³ pour 100g de métal.
Fer recuit (chargé par attaque).................	7,6	17,2 en 10 heures	24,8
Fer écroui (chargé par attaque)..................	13,2	32 en 4 jours	45,2

(1) Séance du 24 novembre 1941.

(2) L. Moreau, G. Chaudron et A. Portevin, *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 212.

I. Par chargement électrolytique dans une solution d'acide sulfurique pur pendant trente heures, la dureté superficielle s'élève jusqu'à environ 120 unités Brinell pour une concentration en hydrogène de l'ordre de 100^{cm^3} pour 100^g de métal. Nous avons indiqué quelques mesures à titre d'exemple dans le tableau I.

Cette augmentation de la dureté correspond, comme nous l'avons déjà montré par les diagrammes X ([3]), à une distorsion du réseau extrêmement nette, produite par l'insertion des atomes d'hydrogène.

Par bombardement électronique on peut extraire ces gaz à la température ordinaire sans modifier la distorsion du réseau, donc sans provoquer un changement de la dureté ([3]). Par recuit à une température voisine de 300° pendant 3 heures, on détruit cet écrouissage spécial et l'on revient aux caractéristiques initiales.

II. Dans le cas du chargement par décapage, l'examen micrographique montre que l'absorption de gaz est corrélative d'une attaque intergranulaire. Certains produits ajoutés à l'acide sulfurique, comme le sulfure de sodium, et qui favorisent cette attaque intergranulaire, augmentent également le chargement en hydrogène. Un examen plus attentif de la préparation microscopique permet en outre de constater la formation de soufflures sur le contour des grains cristallins. Le métal est alors devenu cassant, c'est ce que l'on appelle dans l'industrie la fragilité de décapage.

Tout se passe comme si l'hydrogène atomique formé lors de l'attaque du ciment amorphe intergranulaire (hypothèse de Beilby) diffusait grâce à celui-ci sur le pourtour des grains. Il se dégage dans les vides du métal pour former des poches où il s'accumule sous pression. Il est important de noter qu'un métal écroui dans lequel la proportion de métal amorphe est plus grande se charge plus facilement en hydrogène (voir tableaux I et II).

La plus grande partie des gaz du métal est donc, dans le cas du chargement par décapage, à l'état d'inclusion, car la dureté du métal n'a pas varié alors que sa fragilité est devenue très grande. Ces gaz peuvent s'extraire lentement en plaçant simplement l'échantillon dans le vide. Après le départ des gaz en inclusion, le métal cesse d'être en tension et il reprend sa ductilité initiale si la corrosion intergranulaire n'a pas été trop importante.

Une faible proportion d'hydrogène est entrée en insertion dans le réseau; ce résidu gazeux doit être extrait par bombardement électronique (voir le tableau II).

([3]) G. Chaudron, A. Portevin, L. Moreau, *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 235.

III. Ces expériences montrent que l'impureté gazeuse ne modifie pas les propriétés d'un métal pur uniquement suivant sa proportion, mais également suivant la place qu'elle occupe dans la structure du métal. C'est une règle bien connue pour beaucoup d'impuretés solides.

Nos observations montrent que l'étude de la diffusion de l'hydrogène à travers les métaux doit être entreprise sur des fils monocristallins parfaitement recuits. Inversement l'étude et la mesure de la vitesse de cheminement des atomes d'hydrogène dans un métal peuvent être utilisées comme une méthode particulièrement fine pour connaître la structure des métaux.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une préparation nouvelle du triphényléthane-1.2.2.* Note (1) de M. **Paul Bert.**

En appliquant la réaction de Friedel et Crafts aux carbures benzéniques et au dichloropropène-1.3, nous avons réussi (2) à préparer avec de bons rendements des dérivés ω-chlorallylés de formule



$$R—CH^2—CH=CHCl.$$

Ce succès nous a incité à valoriser de même le trichloroéthane-1.2.2 $CH^2Cl—CHCl^2$, dans l'espoir d'obtenir les dérivés $R—CH^2—CHCl^2$. Cet espoir a été déçu, ce qu'explique d'ailleurs l'absence d'action du produit sur le bromure de phénylmagnésium signalée par L. Bert (3). Il n'y a pas ici, comme pour le dichloropropène-1.3, d'atome de chlore privilégié, si bien qu'avec le benzène et le chlorure d'aluminium, c'est le triphényléthane-1.2.2 $C^6H^5—CH^2—CH(C^6H^5)^2$ qui prend normalement naissance, avec un rendement tel que l'emploi du trichloroéthane-1.2.2, réactif non commercial mais facile à se procurer à bon compte au laboratoire, constitue la meilleure préparation de ce carbure, décrite à ce jour.

Pour ce faire, on introduit dans un ballon de $1^l,5$ sec, relié à un réfrigérant à reflux, 10^g de chlorure d'aluminium anhydre pulvérisé et aussitôt après 10^{mol} de benzène pur et sec. On porte à l'ébullition commençante par chauffage au bain-marie et l'on ajoute goutte à goutte une molécule de trichloroéthane-1.2.2. La réaction est immédiate et très régulière. Quand elle est achevée, on traite par l'eau le mélange refroidi, décante

---

(1) Séance du 24 novembre 1941.

(2) P. Bert, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 619.

(3) L. Bert, *Bull. Soc. Chim.*, 4e série, 41, 1927, p. 1173.

et rectifie par distillation fractionnée, d'abord à la pression ordinaire, puis sous pression réduite. Le carbure attendu passe vers 211° (non corrigé) sous 14mm. Le rendement est de 80g environ.

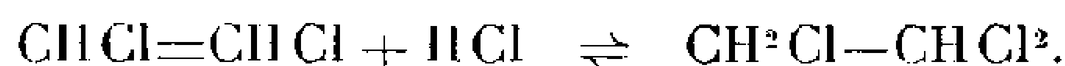
La réaction n'est pas simple. Le triphényléthane-1.2.2 est accompagné d'un peu de diphénylméthane et de stilbène dont la genèse s'explique aisément.

Dans les conditions de l'expérience, une partie du trichloroéthane-1.2.2 se scinde en chlorure de méthylène et dichloréthylène :



$$2\,CH^2Cl-CHCl^2 = 2\,CH^2Cl^2 + CHCl=CHCl.$$

Le chlorure de méthylène donne le diphénylméthane et le dichloréthylène; le stilbène est justiciable aussi d'une autre origine. Le trichloroéthane-1.2.2 s'obtient en faisant passer un courant de gaz chlorhydrique sec dans du dichloréthylène tiède, agité en présence de Cl^3Al (4) :



$$CHCl=CHCl + HCl \rightleftharpoons CH^2Cl-CHCl^2.$$

La réaction est réversible et le dichloréthylène naissant contribue à la formation de stilbène.

D'ailleurs ClH naissant se fixe sur le stilbène et conduit en définitive au triphényléthane-1.2.2 :



$$C^6H^5-CH=CH-C^6H^5 \rightarrow C^6H^5-CH^2-CHCl-C^6H^5 \rightarrow C^6H^5-CH^2-CH(C^6H^5)^2.$$

Nous en avons eu la preuve en condensant le benzène avec le dichloréthylène en présence de chlorure d'aluminium anhydre. Il se forme, comme avec le trichloroéthane-1.2.2, à côté d'un peu de diphénylméthane et de stilbène, surtout du triphényléthane-1.2.2 quoique avec un rendement bien moindre, toutes choses égales d'ailleurs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'acide déhydroabiétique* $C^{20}H^{29}O^2$. Note de M. **René Lombard**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai indiqué (1) que le constituant fondamental des acides pyroabiétiques était un acide déhydroabiétique $C^{20}H^{28}O^2$ (F 173°, $[\alpha]_{578} + 62°$) caractérisé par son spectre de rayons X et par son ester méthylique cristal-

(4) J. H. Prins, *Rec. Trav. Chim. Pays-Bas*, 45, 1926, p. 80.

(1) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1321.

lisé (F 59°, $[\alpha]_{578} + 62°$). Cet acide est identique à celui qui résulte de l'oxydation de l'acide abiétique par SeO^2 en milieu alcoolique.

J'ai pu préparer cet acide par une méthode de déshydrogénation très simple de l'acide abiétique $C^{20}H^{30}O^2$, la déshydrogénation par le soufre. Une molécule (302^g) d'acide abiétique de pouvoir rotatoire $[\alpha]_{578} - 97°$ est portée à 180°; on y ajoute progressivement 32^g de soufre, en agitant et en attendant, après chaque addition, que la mousse formée retombe. On chauffe ensuite le mélange à 230° et on le maintient à cette température tant que dure le dégagement gazeux, ce qui demande trois quarts d'heure environ. Il se dégage 23^l d'un gaz dont la composition est la suivante : H^2S 95 %, CO^2 5 %, ce qui correspond au départ d'une molécule d'hydrogène sulfuré, donc à l'enlèvement d'une molécule d'hydrogène à la molécule d'acide abiétique. La résine obtenue est dissoute dans l'alcool, et abandonnée à la cristallisation. Le produit, purifié par trois cristallisations, est identique à l'acide déhydroabiétique obtenu précédemment (identité des acides et de leurs esters méthyliques).

Cet acide déhydroabiétique possède trois doubles liaisons; par hydrogénation catalytique, il fixe 6^{at} d'hydrogène lorsqu'on le traite par l'hydrogène sous pression (100^{kg}) en présence de platine d'Adams (2 %) à une température de 190°, en solution dans un solvant neutre (oxyde d'isopropyle). Le produit brut obtenu a comme pouvoir rotatoire $[\alpha]_{578} + 53°,5$, et, après quatre cristallisations, ce dernier paraît stabilisé à $[\alpha]_{578} + 41°$.

Traité dans les mêmes conditions, l'acide abiétique fixe 4^{at} d'hydrogène seulement, en donnant un mélange d'acides tétrahydroabiétiques isomères du précédent (les acides abiétiques hydrogénés dans différentes conditions sont constitués par des mélanges presque inextricables d'isomères sur lesquels je me propose de revenir).

Ces doubles liaisons de l'acide déhydroabiétique sont beaucoup moins réactives que celles de l'acide abiétique :

1° L'acide abiétique fixe 2^{at} d'hydrogène lorsqu'on le traite par l'hydrogène sous la pression de 100^{kg}, à 250°, en présence de charbon palladié. Le produit obtenu, de pouvoir rotatoire $[\alpha]_{578} + 121°$, est constitué par un acide parfaitement défini.

Traité de façon identique, l'acide déhydroabiétique ne fixe pas la moindre trace d'hydrogène.

2° Le permanganate à 1 % à froid n'agit que lentement sur l'acide déhydroabiétique, tandis que l'acide abiétique le décolore immédiatement.

3° L'acide déhydroabiétique ne donne pas la réaction de Libermann tandis que l'acide abiétique la donne avec une grande intensité.

4° L'acide déhydroabiétique ne s'oxyde pas à l'air, comme le fait l'acide abiétique.

5° L'acide déhydroabiétique ne se combine pas à l'anhydride maléique à 200°, tandis que l'acide abiétique s'y combine dès sa température de fusion (170°).

Le second de ces faits avait conduit Fieser et Campbell ([2]) à émettre l'hypothèse que cet acide déhydroabiétique contient un noyau aromatique. J'ai entrepris de vérifier cette hypothèse, en cherchant à obtenir, par oxydation permanganique de l'acide déhydroabiétique, un acide aromatique. J'ai donc procédé à l'oxydation permanganique parallèle de l'acide abiétique et de l'acide déhydroabiétique, en opérant de la façon suivante :

La solution de savon de potasse de l'acide résinique est oxydée à froid par le permanganate à 2 %, puis à 4 % jusqu'à ce que la coloration du permanganate subsiste 2 heures au moins. De cette façon, l'oxydation a surtout porté sur les doubles liaisons actives, touchant peu au reste de la molécule. Le bioxyde de manganèse formé est éliminé par filtration. Les produits insolubles dans l'eau résultant de l'oxydation sont alors précipités par l'acide sulfurique, et l'oxydation de ces produits est terminée par l'acide nitrique à l'ébullition, en commençant par l'acide de densité 1,4, puis en terminant par l'acide fumant. J'ai utilisé, pour catalyser cette oxydation, de l'oxyde de vanadium dans la proportion de 1 % de l'acide résinique mis en jeu. Voici les résultats :

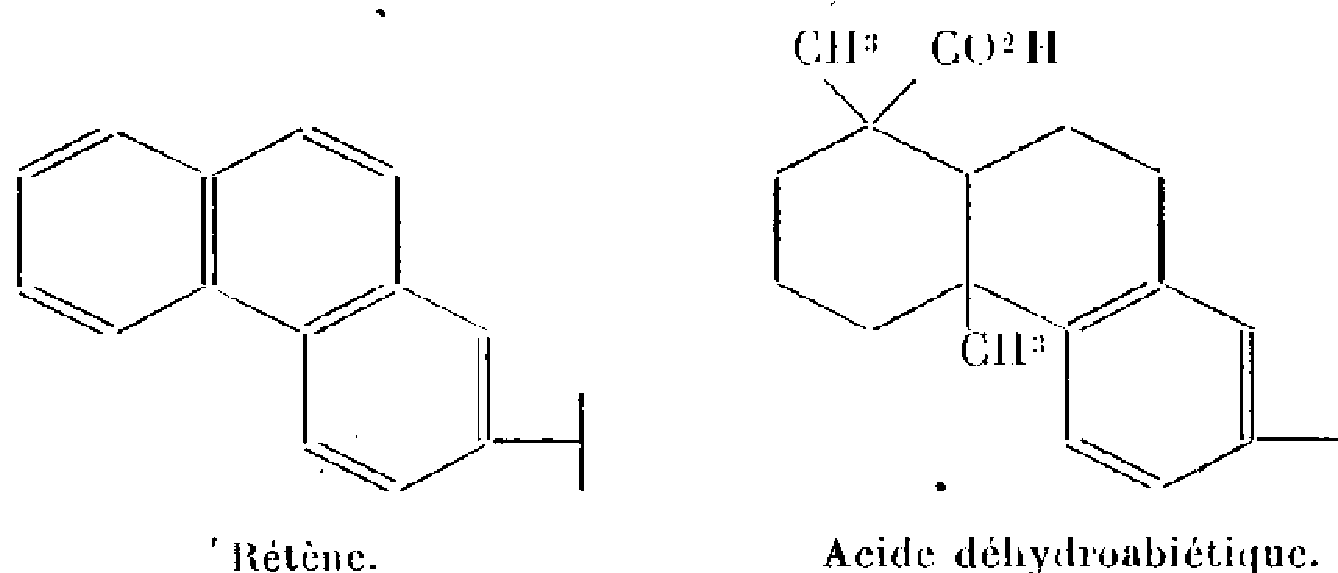
a. 302g d'acide abiétique nécessitent 4 molécules de permanganate pour arriver à la stabilité de coloration; l'oxydation nitrique donne alors 10g d'un beau produit qui fond à 235°, se resolidifie, subit une deuxième fusion à 280° en se sublimant aussitôt. L'équivalent de soude de cet acide est 79; il est dénué de pouvoir rotatoire; l'analyse montre que ce n'est pas un acide aromatique.

b. 300g d'acide déhydroabiétique nécessitent 1mol de permanganate pour arriver à la persistance de coloration. L'oxydation nitrique donne alors 15g d'un produit qui fond à 232°, dont l'équivalent de soude est 71,3; il est dénué de pouvoir rotatoire. La sublimation sous pression de son sel d'ammoniaque conduit à une amide qui fond à 263°. Ces résultats permettent d'identifier ce produit avec l'acide benzène tricarbonique 1.2.4, acide trimellitique, $C^9H^6O^6$, dont les caractéristiques sont les suivantes :

([2]) *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, I, p. 164.

F 220-234° ([3]); 238° ([4]). P. M. 210. Équivalent 70. Amide monocarboxylique F 265-266° ([5]).

Nous sommes donc conduits à admettre que, dans l'acide déhydroabiétique, lequel possède le squelette du rétène, un noyau est aromatisé : ce ne peut être que le noyau porteur du groupe isopropyl, car les autres noyaux ne pourraient conduire à l'acide trimellitique. Si nous admettons les conclusions de Ruzicka ([6]) quant à la structure de l'acide abiétique, nous sommes conduits à attribuer à l'acide déhydroabiétique la formule :



Rétène. Acide déhydroabiétique.

Nous disposons ainsi de trois méthodes, pour passer de l'acide abiétique à l'acide déhydroabiétique :

1° éthérificaction, par le sulfate diméthylique, des acides pyroabiétiques, séparation du déhydroabiétate cristallisé, et saponification de cet ester;

2° oxydation de l'acide abiétique par SeO^2 dans l'alcool;

3° déshydrogénation sélective par le soufre. Cette méthode réussit également en partant directement des colophanes.

La déshydrogénation sélective d'un seul noyau par S réussit également sur le dérivé maléique de l'acide abiétique. Elle paraît pouvoir être généralisée au cas des composés pluriannulaires dont l'un des noyaux contient déjà un point de non-saturation.

([3]) Wegscheider, Perdanner et Auspitzer, *Monatshefte f. Chemie*, 31, 1910, p. 1262.
([4]) Feist, *Liebigs Annalen*, 496, 1932, p. 99.
([5]) Späth et Kufner, *Ber. d. chem. Ges.*, 64, 1931, p. 370.
([6]) Ruzicka Waldmann, Meier et Hösli, *Helv. Chim. Acta*, 16, 1933, p. 169.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle classe importante de composés, les éthers phénoliques ω-chlorallylés.* Note (1) de M. **Léonce Bert.**

Mettant à profit la grande différence de labilité des deux atomes de chlore du dichloropropène-1-3, P. Bert a réussi à obtenir avec moi, par la méthode de Friedel et Crafts, une série de carbures benzéniques ω-chlorallylés.

Ce succès inattendu nous a incité à tenter la même réaction avec les éthers phénoliques, malgré l'échec subi par Ch. Moureu avec l'iodure d'allyle et l'anisol. Elle marche non moins bien qu'avec les carbures benzéniques, mais avec les éthers des monophénols seulement.

A titre d'exemple, nous indiquerons le *modus faciendi* pour l'anisol : 10^g de chlorure d'aluminium anhydre sont dissous dans 10^{mol} d'anisol. On chauffe au bain-marie bouillant et l'on ajoute 1^{mol} de dichloropropène-1.3. Il se dégage du gaz chlorhydrique et du chlorure de méthyle, et le liquide prend une coloration rouge vineux foncé. Après une heure de chauffe, on laisse refroidir, extrait le phénol à la soude, lave à l'eau, décante, sèche et fractionne. A 126° sous 15^{mm} passe un liquide incolore, à odeur anisée fine et persistante. C'est le *p*-méthoxy-ω-chlorallylbenzène, déjà obtenu par nous (2) à partir du *p*-bromoanisol et du dichloropropène-1-3. Le rendement est de 70 %.

Ayant échoué avec les éthers des polyphénols, nous avons essayé de les condenser avec le dichloropropène-1.3 en présence de poudre de zinc. La réaction marche à merveille et de plus elle est générale.

Voici comment on l'applique au vératrol, par exemple :

Un mélange de 2^{mol} de vératrol et de 1^{mol} de dichloropropène-1.3 est chauffé à l'ascendant en présence de 1^g de poudre de zinc. Le liquide verdit, puis commence à rougir vers 85°. La coloration rouge s'accentue; il y a reflux de dichloropropène vers 105°. On ôte alors le feu; la température monte spontanément jusque vers 125°. On laisse la réaction se terminer d'elle-même. Il se dégage des torrents de ClH mélangé de CH^3Cl. La réaction dure au total de 15 à 20 minutes. Après refroidissement on extrait à la soude, du liquide devenu d'un magnifique rouge fuchsine, le gaïacol et le pyrocatéchol formés et l'on fractionne le liquide restant. On obtient 72^g de diméthoxy-ω-chlorallylbenzène-3.4.1. C'est un liquide incolore passant à 162° sous 15^{mm}. Sa formule brute est $C^{11}H^{13}O^2Cl$; ses constantes sont d_4^{14} 1,168 et n_D^{14} 1,551.

(1) Séance du 24 novembre 1941.

(2) L. Bert, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 1504.

Avec le triméthoxybenzène-1.2.3 (triméthylpyrogallol), on obtient de même le triméthoxy-ω-chlorallylbenzène-3.4.5.1 : liquide à odeur d'encens, de formule brute $C^{12}H^{15}O^{3}Cl$, pour lequel Éb$_{15}$ 174°; d_4^{18} 1,176 et n_D^{18} 1,539.

Dans toutes ces préparations, le gaz chlorhydrique libéré désalcoxyle d'autant plus facilement qu'il y a davantage d'alcoxys substituants. Or ClH est réputé peu actif pour ces coupures d'éthers phénoliques, mais on remarquera qu'il agit ici à chaud et à l'état naissant.

Les éthers phénoliques ω-chlorallylés jouissent, *mutatis mutandis*, de la propriété fondamentale que nous avons reconnue ([2]) aux carbures benzéniques ω-chlorallylés : mis à bouillir avec KOH et un alcool R'OH quelconque dans les proportions moléculaires respectives 1,3, 5, ils se transforment rapidement et avec un haut rendement en éthers d'alcoyle et d'alcoxycinnamyle du type $RO-C^6H^4-CH=CH-CH^2-OR'$ conduisant aisément aux alcools, aldéhydes et acides alcoxy- et hydroxycinnamiques.

Autrement dit, aux centaines de corps nouveaux de la série cinnamique déjà obtenus par nous viendront s'ajouter les centaines de corps nouveaux des séries alcoxy- et hydroxycinnamiques, à édifier presque tout entières.

Dans cette voie nouvelle, nous nous sommes attaché à reproduire en premier lieu les quelques produits naturels connus (ou leurs dérivés immédiats). Nous avons réussi à préparer l'alcool méthylconiférylique, l'aldéhyde *p*-méthoxycinnamique, l'aldéhyde méthylférulique, l'acide caféique, la cubébine.

Les éthers-oxydes $RO-C^6H^4-CH=CH-CH^2-OR'$ donnent aisément par oxydation les aldéhydes aromatiques $RO-C^6H^4-CHO$. Nous avons reproduit jusqu'ici l'aubépine, l'héliotropine, la méthylvanilline, la vanilline, l'aldéhyde triméthylgallique et l'aldéhyde asarylique.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Étude des sulfures de molybdène*. Note ([1]) de MM. **Jacques Méring** et **André Lévialdi**, transmise par M. Charles Fabry.

La décomposition thermique du sulfomolybdate d'ammonium opérée aux environs de 1000° C. conduit à la formation du sulfure MoS^2. Produite aux températures inférieures à 1000° C., elle forme des sulfures contenant

([1]) Séance du 24 novembre 1941.

du souffre en excès. L'excès de soufre croît à mesure que l'on abaisse la température de décomposition. A 800° on a encore MoS^2; vers 350-400° on a une phase solide dont la composition correspond à $MoS^{2,5}$.

Les diagrammes de rayons X (méthode Debye-Scherrer, radiation K_α du cuivre) nous ont permis de constater les faits suivants :

1° Le sulfure artificiel MoS^2 possède une structure identique à celle de la molybdénite naturelle décrite par Dickinson et Pauling ([2]).

2° Les substances dont l'analyse correspond à un excès de soufre donnent des *phases homogènes* dont la structure est encore celle de la molybdénite, mais fortement distordue.

Ces phases peuvent être réprésentées par la formule MoS^{2+x}, avec x variant de 0 à 0,5. La distorsion de la structure croît rapidement avec x. Elle se manifeste par la disparition progressive des raies de diffraction et par l'accroissement de la diffusion voilant le film. Le corps $MoS^{2,5}$ ne garde plus aucun caractère cristallin.

La disparition des raies n'est pas uniforme. Elle se manifeste de la façon suivante :

a. Les réflexions sur le plan (0001) subissent une extinction qui affecte d'abord les ordres supérieurs;

b. Les raies relatives aux plans inclinés sur l'axe ternaire deviennent de plus en plus diffuses. L'élargissement maximum correspond au plan $(10\bar{1}5)$ et aux plans de direction voisine. Le plan $(10\bar{1}5)$ est très sensiblement parallèle à la direction définie par un atome de molybdène et deux des atomes de soufre immédiatement voisins.

c. Les raies relatives aux plans en zone avec l'axe ternaire sont celles qui gardent le plus longtemps leur degré de finesse et leur intensité. Les raies $(10\bar{1}0)$ et $(11\bar{2}0)$ sont les dernières à disparaître.

Les mesures des dimensions de la maille hexagonale nous ont montré que le paramètre c croît légèrement avec la teneur en soufre. Le paramètre a reste constant et nos mesures confirment la valeur 3,15 Å donnée par Dickinson et Pauling.

La composition variable des sulfures de molybdène suggère l'hypothèse d'une structure lacunaire, analogue à celle qu'a révélée l'étude de la pyrrhotine (FeS). L'excès de soufre doit être lié à l'existence de lacunes correspondant à l'absence d'une fraction des atomes de molybdène.

([2]) *Journal of the American Chemical Society*, 45, 1923, p. 1466.

Les mesures de densité, faites sur trois sulfures de composition différente, confirment cette hypothèse. Dans le tableau suivant, les densités mesurées sont confrontées avec les densités calculées d'après le volume de la maille, en admettant des nombres de lacunes correspondant à la composition chimique.

Sulfure.	Paramètre c.	Densité calculée.	Densité mesurée.
MoS^2	12,24 Å	5,02	5,16
$MoS^{2,5}$	12,32	4,95	4,99
$MoS^{2,39}$	12,41	4,47	4,39

La conception de la structure lacunaire s'accorde d'autre part avec la façon dont varient les intensités relatives des raies (0001). L'accroissement de la teneur en soufre fait baisser l'intensité relative de la raie (0006). Or cette raie, formée sans contribution de la diffusion des atomes de soufre, est particulièrement sensible à l'existence de lacunes dans les couches formées d'atomes de molybdène.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la côte libanaise au Nord de Beyrouth*. Note (¹) de M. **Pierre Lapadu-Hargues**, présentée par M. Charles Jacob.

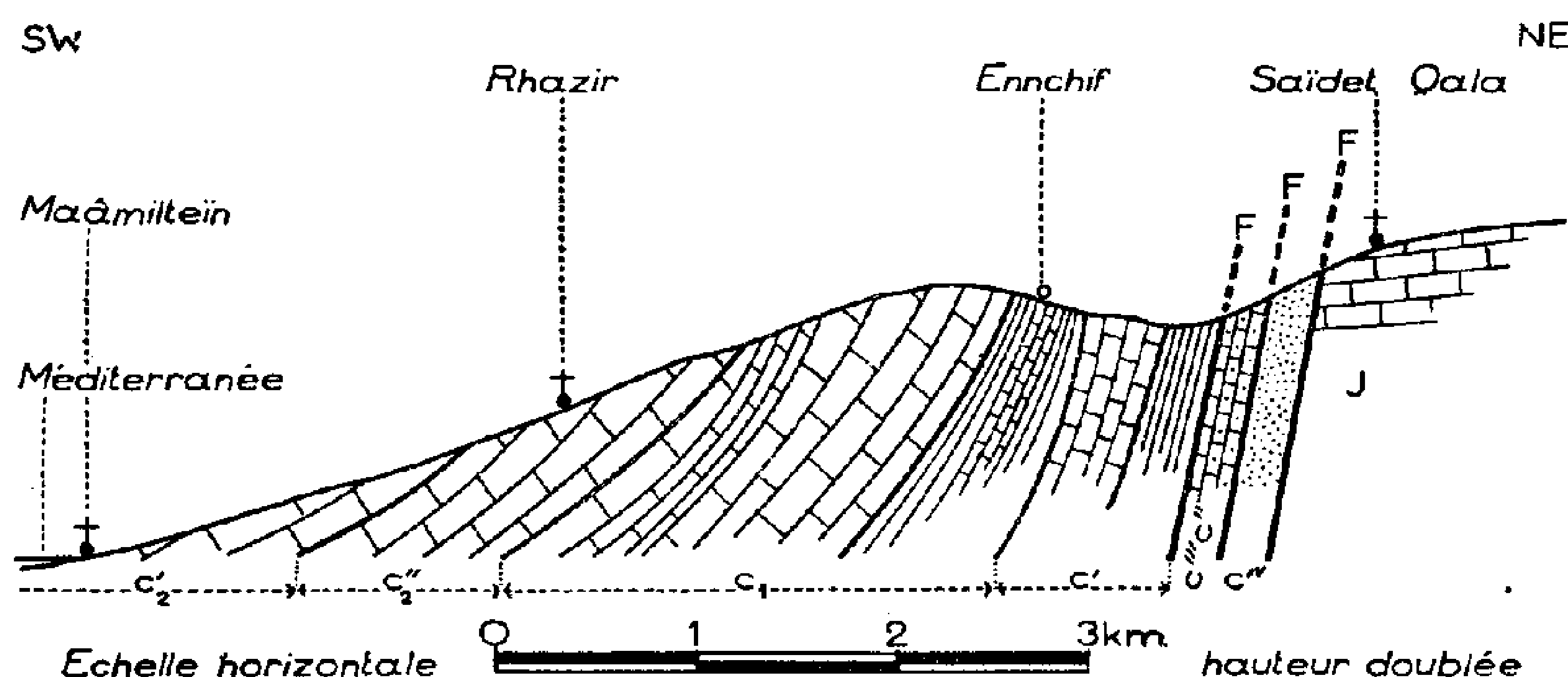
La présente Note a pour but de préciser quelques détails sur la structure des massifs côtiers du Liban, spécialement dans les régions de Beit-Meri, Djounieh (Nord de la feuille de Beyrouth au 1/50000ᵉ) et de Rhazir (Sud de la feuille de Jbaïl au 1/50000ᵉ). Elle est consécutive à une suite de courses sur le terrain, destinées à compléter certains contours géologiques de la feuille de Beyrouth, courses effectuées sur les indications de L. Dubertret.

Rappelons d'abord rapidement les principaux éléments stratigraphiques dans cette région. On trouve, à la base, un Jurassique terminal formé de puissants calcaires homogènes. Il est surmonté d'un Crétacé inférieur subcontinental formé de sables ou de grès, grâce à un ciment riche en fer, et d'argiles bariolées avec fréquentes intercalations de lignites; c'est l'équivalent des *Grès de Nubie*, ici néocomo-barrémiens. Avec l'Aptien commencent les séries marines du Crétacé libanais, cons-

(¹) Séance du 24 novembre 1941.

tituées d'éléments d'abord marneux et calcaires, puis surtout calcaires. L'ensemble aboutit à de la craie au Sénonien. Au-dessus, après une lacune stratigraphique, vient un Éocène également marneux et calcaire (²).

Les pentes du Liban, sur la côte au Nord de Beyrouth, aboutissent à la mer. Elles sont constituées par les séries éocènes, puis crétacées, s'appuyant sur le Jurassique. Ce dernier forme les grands entablements subhorizontaux de calcaires qui dominent la Méditerranée (Djebel Sannin par exemple).



Coupe du versant occidental du Liban-Nord. — c_2', Turonien supérieur (niveau à Hippurites); c_2'', Turonien inférieur (niveau à Ammonites); c_1, Cénomanien (calcaires marneux et calcaires à Radiolites); c', Albien (marnes à *Knemiceras* et calcaires à Gastéropodes); c'', c''', Aptien (marnes et calcaires oolithiques); c^{IV}, Néocomien-Barrémien (sables et grès); J, Jurassique (calcaires récifaux).

La coupe ci-jointe, orientée S-W, N-E, et passant par Rhazir, au nord de la Baie de Djounieh, intéresse ce rebord du Liban. Déjà citée par H. Douvillé (³), nous la reprenons ici. En partant de Maâmelteïn et en remontant un des thalwegs torrentiels qui entament profondément ce versant, on rencontre des couches de plus en plus anciennes du Crétacé, depuis le Turonien supérieur jusqu'aux sables et grès du début du Crétacé. On constate en même temps que les niveaux se relèvent et s'étirent de plus en plus. Pour l'Albien, il y a un amincissement déjà notable; une faille le sépare de l'Aptien très redressé. Les niveaux néocomiens et barrémiens,

(²) L. Dubertret, *Contribution à l'étude géologique de la Côte libano-syrienne* (*Notes et Mémoires, Haut Commissariat français, Section d'Études géologiques*, 2, 1937).

(³) *Études sur les Rudistes* (*Mém. Soc. Géol. Fr.*, n° 41, 1910).

presque verticaux, sont considérablement réduits, faillés à leur contact avec l'Albien. Enfin, après un contact anormal, apparaissent, en niveaux quasi horizontaux, les épais bancs calcaires du Jurassique.

Ainsi un des traits les plus marquants de la structure est la rupture dans la continuité normale des séries, surtout entre les éléments crétacés et le Jurassique.

Déjà un peu plus au Sud de Rhazir, entre Beit-Meri et Djeideh, on constate un redressement et un pincement de plus en plus accentué du Crétacé inférieur et même moyen, se manifestant par l'étirement des horizons meubles (grès peu consolidés, argiles, marnes) et par l'écrasement local des horizons rigides (calcaires). Le phénomène atteint toute son ampleur au niveau de Djounieh et de Rhazir, sur les pentes abruptes de Djebel Harrissa qui surplombent la Baie de Djounieh. Celles-ci, comme l'indique la coupe, sont constituées par tous les niveaux du Crétacé, d'autant plus redressés et laminés qu'ils sont plus proches du Jurrassique. Enfin de cet ensemble émergent, sur les sommets, les masses calcaires subhorizontales du Jurassique.

Divers auteurs (E. Krenkel, L. Kober) ont admis que ce versant pouvait être interprété comme le flanc ouest d'un large anticlinal à noyau calcaire jurassique. Mais on doit plutôt conclure en faveur d'une structure en horst, telle que des compartiments jurassiques se seraient, relativement à leurs voisins, élevés en bloc, culbutant et redressant le manteau crétacé plus souple qui les recouvrait.

L'étude de la région Nord de Beyrouth vient apporter la confirmation locale de cette nouvelle interprétation de la structure du Liban, interprétation énoncée jadis par G. Zumoffen et récemment reprise par L. Dubertret ([1]), selon laquelle la tectonique de fracture domine l'ensemble du domaine libanais et même se prolonge au delà.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Action des rayons cosmiques sur la conductibilité de l'hexane*. Note de M. **Gabriel Moulinier**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'hexane, après plusieurs distillations fractionnées et élimination des traces d'eau par le sodium, présente les constantes physiques suivantes :

([1]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 66.

température d'ébullition 68°,4-69°,2 ($H = 762^{mm}$);
densité 0,668;
coefficient de viscosité 0,0035 à 19°,5;
conductibilité électrique $10^{-12}\,\Omega^{-1}$cm.

Par application d'un champ électrique (1550 v/cm), la conductibilité électrique décroît rapidement. La courbe logarithmique de la conductibilité en fonction du temps présente deux segments de droite qui décèlent la présence de deux impuretés de mobilités différentes. Après plusieurs jours, on atteint la conductibilité constante $2,4.10^{-10}\,\Omega^{-1}$cm.

Si l'on entoure le diélectrique liquide de blocs de plomb (6^{cm}), la conductibilité descend jusqu'à $9,1.10^{-20}\,\Omega^{-1}$cm.

On observe alors des sauts de 1 à 2^{mm} du spot de l'électromètre (sensibilité $1,3.10^{6}$, charge élémentaire par millimètre); sauts que nous croyons dus à l'ionisation du diélectrique par les rayons cosmiques. Le nombre de sauts passe de 1 en une heure à 2 en une heure, lorsqu'on remplace le plomb par des blocs d'aluminium (gerbes de rayons secondaires).

Sans blocs, le nombre de sauts est de 1 en 12 heures environ.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Types remarquables d'aurores boréales observées dans la Norvège méridionale.* Note de M. **Carl Störmer**, présentée par M. Charles Maurain.

Depuis l'année 1911, j'ai eu à ma disposition une série de stations photographiques, dans la Norvège méridionale, pour l'étude des aurores boréales. Les résultats, pour la période de 1911 à 1922, sont publiés dans les *Geofysiske Publikasjoner* (Oslo). Pour la période de 1923 à 1942 un matériel immense de plus de 26000 bonnes photographies a été accumulé, dont plus de 6000 groupes, pris simultanément en 2, 3 ou 4 stations afin de déterminer la hauteur et la position de l'aurore.

Dans ce matériel, dont seulement une petite fraction a été publiée, se trouve une série de formes remarquables et rares, qui sera le sujet d'une monographie détaillée, devant paraître bientôt dans les *Geofysiske Publikasjoner*. En ce qui concerne les types ordinaires, nous renvoyons à l'Atlas photographique des aurores publié par l'Association internationale de Géodésie et de Géophysique à l'occasion de l'année polaire 1932-33. Dans ce qui suit une série de résultats intéressants, extraits de cette monographie, sera donnée.

Voici les formes les plus remarquables :

Arcs homogènes de grande altitude. — Tandis que les arcs ordinaires ont une hauteur de 95 à 110^{km}, la hauteur de ces arcs est environ le double. Une monographie a été déjà publiée dans les *Geofysiske Publikasjoner* en 1935, et, depuis, quelques cas ont été étudiés dans le *Terrestrial Magnetism* (Washington) en 1939. Le spectre est remarquable en ce que les raies rouges de l'oxygène et de l'azote sont beaucoup plus fortes que la raie 5577 Å et les raies bleues et violettes. Un nouveau cas a été observé le 20 décembre 1940, la hauteur étant d'environ 200^{km}.

Arcs pulsatoires isolés. — Cette forme étrange a été mesurée seulement trois fois, le 28 février 1929, le 31 octobre 1931 et le 21-22 septembre 1941. En particulier la dernière fois cette forme parut seule pendant toute la nuit, et pour la première fois nous avons obtenu un spectre qui montre la raie 5577 Å tout à fait prépondérante comparativement à toutes les autres raies de l'aurore, dont seulement de faibles traces sont visibles. La hauteur varie entre 95 et 115^{km}, et la période des pulsations entre 20 et 60 secondes environ.

Plaques pulsatoires. — Après des aurores intenses avec rayons et draperies, on voit souvent des plaques pulsatoires qui peuvent aussi apparaître isolées sans autres aurores. La hauteur est en général de 90 à 120^{km} et descend quelquefois à 80-85^{km}.

Aurores ressemblant à des nuages. — Quelquefois, l'aurore est diffuse et tranquille et ressemble à des nuages. Un cas très remarquable est l'aurore du 3 janvier 1940 qui, à un niveau d'environ 106^{km}, s'étendait de Léningrad jusqu'à l'Écosse avec une limite vers le Sud en forme de langues et de sinuosités irrégulières, se mouvant lentement vers l'Ouest. En même temps des rayons rouges imposants se montraient vers le Nord-Ouest, situés dans la partie illuminée par le Soleil, à la hauteur de 200 à 600^{km}. Une autre fois, au matin du 25 mars 1933, l'aurore descendait très bas entre 70 et 80^{km}, ce qui est une tendance souvent observée pour les aurores apparaissant à la fin de la nuit dans les parties obscures de l'atmosphère.

Rayons auroraux dans la partie de l'atmosphère illuminée par le Soleil. — Cette forme remarquable a été observée environ 70 fois. Elle est remarquable par sa hauteur immense montant quelquefois à plus de 1000^{km}, et par son spectre où les raies de l'oxygène 6300 Å et les bandes de l'azote 4278 et 3914 Å sont beaucoup plus fortes que la raie ordinaire 5577 Å. Leur couleur est le plus souvent gris-violette et quelquefois rouge, bleue et même ultraviolette ; dans ce dernier cas les rayons étaient invisibles, apparaissant seulement sur la plaque photographique.

Rayons divisés. — Quelques fois, surtout le 16 mars 1929 et le 22 mars 1938 avant le lever du Soleil, cette forme a été observée. Le rayon a une partie éclairée par le Soleil et une autre partie dans l'obscurité, les deux parties étant séparées par une région sombre près de l'ombre de la Terre.

Taches rouges. — Surtout pendant les maxima de l'activité solaire, des taches diffuses, de couleur rouge, apparaissent de temps en temps. En 1938 nous avons réussi à mesurer leur hauteur qui s'étendait de 300km jusqu'à 700km, dans la partie obscure de l'atmosphère. Comme Vegard l'a remarqué déjà en 1926, leur couleur est due à la raie 6300 Å de l'oxygène.

Arcs rouges. — Cette forme très rare a été observée deux fois seulement, le 26 janvier 1926 et le 23 janvier 1938 (au matin). D'après des observations visuelles leur hauteur est très grande, de l'ordre de 250km pour le bord inférieur. Elles étaient situées dans la partie de l'atmosphère illuminée par le Soleil.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Le parfum des fleurs de Tabac; considérations sur le rôle de l'eugénol dans la fleur.* Note de MM. **Sébastien Sabetay, Georges Igolen** et **Léon Palfray**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Bien que la fleur de Tabac (*Nicotiana Tabacum* L.) ne fasse pas l'objet d'une culture spéciale, puisqu'à l'époque de la floraison on écime la plante pour donner à la feuille plus de force végétative, son parfum a déjà attiré l'attention de quelques chercheurs. M. Kurilo [1], ayant obtenu celui-ci par entraînement à la vapeur, l'a décrit comme une huile à odeur tabacée agréable, à relent citronné, contenant des bases, des acides libres, des phénols, des esters etc., non identifiés. A. M. Burger [2] décrit l'odeur des fleurs de tabac comme faible mais nette, sucrée, tubérosée, rappelant l'œillet, avec une note résineuse.

En France, on cultive des espèces de *Nicotiana* à fleurs blanches et à fleurs roses. Nous avons eu occasion, récemment, d'isoler le parfum de ces fleurs. Nous avons traité, en quatre apports, une quantité totale de 10kg,850 de *fleurs blanches très légèrement verdâtres* (*Nicotiana petunioides*), par épuisement à froid au moyen de l'éther de pétrole pendant 24 heures. Les fleurs ont été traitées après enlèvement des tiges. On a

(1) M. Kurilo, cité d'après H. Brückner, *Biochemie des Tabacks*, Berlin, 1936, p. 213.

(2) A. M. Burger, *Leitfaden der modernen Parfümerie*, Berlin, 1930, p. 177.

obtenu ainsi $0^{kg},040$ d'essence *concrète* (rendement 3,7 ‰) de couleur verte intense, à odeur forte plutôt désagréable, qui en solution alcoolique laisse percevoir, après une évaporation relative, la faible odeur fleurie rappelant le Lilas des fleurs fraîches, assez peu tenace et finissant en note herbacée.

Les *fleurs roses* (*Nicotiana Tabacum*) ont été traitées également par l'éther de pétrole. L'*essence concrète* ainsi obtenue ($0^{kg},143$ pour $39^{kg},600$ de fleurs; rendement 3,6 ‰) possédait les constantes suivantes : F 53°, I.A. 36,4, I.E. 133,3, teneur en parfum 8,8 %, F de la fraction entraînable, 38°.

L'*essence absolue*, obtenue à partir de la concrète pétrolique avec un rendement de 56 %, est un liquide épais, vert foncé, possédant les constantes : n_D^{20} 1,4821, I.A. 53, I.E. 208 (titrage en présence de méthylombelliférone). La teneur en parfum, déterminée par codistillation au moyen du glycol éthylénique, est de l'ordre de 10 %. Ce parfum est un liquide jaunâtre, assez épais, exempt d'azote, à odeur de café et d'œillet grasse et sucrée à la fois, à saveur piquante et rappelant le girofle, possédant les constantes : n_D^{20} 1,4644, d_{15}^{15} 0,9324, α 0, I.A. 149, I.E. 142, OCH^3 % 3,15, oximation : $1^g \rightarrow 0,85^{cm^3}$ de KOH(N/2). Il se colore en jaune brunâtre avec Cl^3Sb, en brun rougeâtre avec Cl^3Fe; il bleuit à froid le réactif de Bezssonoff. Il absorbe le brome chloroformique.

En possession de quelques grammes de la fraction entraînable sous vide, nous avons pu identifier quelques constituants : *eugénol*, *acide caprylique libre*, *acides acétique* (et peut-être *formique*) *combinés*.

Par agitation avec KOH à 4 %, on a séparé les acides libres et les phénols. Ces derniers, mis en liberté par CO^2, ont été extraits à l'éther. On a obtenu ainsi une huile à odeur poivrée, à saveur piquante et rappelant le girofle, se colorant en vert jaune par Cl^3Fe et bleuissant à froid le réactif de Bezssonoff. Le *benzoate*, préparé d'après Schotten-Baumann, et recristallisé dans l'alcool aqueux, fondait soit isolément, soit par mélange avec le benzoate d'eugényle synthétique, à 68° (Maq.).

Après enlèvement des phénols, le liquide alcalin a été traité par SO^4H^2. Les acides libres ainsi mis en liberté ont été extraits à l'éther et rectifiés. On a obtenu une portion $É_{17}$ 65-80°, à odeur aigre et rance, et une abondante fraction principale n_D^{20} 1,4335, à odeur rance et fruitée. Cette dernière a été transformée en *amide* selon Aschan. L'amide, cristallisé dans l'alcool aqueux, fondait à 105° (Maq.) et ne donnait pas de dépression avec le caprylamide synthétique.

L'essence, débarrassée d'acides libres et de phénols, était riche en esters. Elle possédait une odeur de café et de réséda, et, à la fin, une odeur douceâtre et mielleuse. Après saponification, on a pu séparer d'un côté une portion passant vers 72° sous 22mm, à odeur très agréable de réséda, avec note légumineuse, herbacée, ambrée, rappelant aussi la mousse, de l'autre côté, verte, des *acides gras solides* (une partie distillable, F 58° alcool aqueux), l'autre indistillable, dont l'*amide* fondait vers 91°. Les eaux mères ont été distillées pour un tiers et neutralisées par KOH. On a pu mettre en évidence l'*acide acétique* (réaction du cacodyle par As^2O^3, de l'acide acétique par SO^4H^2 et de l'acétate d'éthyle par SO^4H^2 + alcool), et peut-être l'*acide formique* (réduction de Cl^2Hg).

Plus on étudie attentivement la composition des parfums des fleurs, plus on a la surprise de rencontrer l'eugénol ou l'isoeugénol en quantités faibles ou massives. On les avait déjà rencontrés dans maints parfums floraux (Cassie, Jacinthe, Oranger, Rose, Tubéreuse, Ylang etc.); nous-mêmes avons identifié l'Eugénol dans le Jasmin, la Violette de Parme, l'Immortelle, le Karokaroundé, le Longoza; il est probablement présent dans le Mimosa, la Glycine et le Narcisse. Les phénols, qui sont présents dans presque toutes les essences, doivent jouer un rôle biologique dans la fleur. Mais tandis que les crésols, le salicylate de méthyle, le thymol, le carvacrol etc. possèdent des odeurs trop caractéristiques pour s'harmoniser facilement avec tous les parfums des fleurs, seuls l'eugénol et l'isoeugénol sont aptes à s'harmoniser avec tous les complexes odorants, si suaves soient-ils. Quelle est la filiation biologique de l'eugénol? Il est difficile de le dire. En tout cas, par ses propriétés antiseptiques et fortement antioxydantes, l'eugénol, loin d'être un constituant fortuit, doit avoir pour rôle de freiner « l'oxydation qui se manifeste avec une intensité particulière au moment de la floraison, et qui est le corollaire d'une insolation très vive et d'une température très élevée » (L. Lutz) (3). Il est même probable que, plus la fleur a été insolée, plus elle contient de phénols (eugénol etc.), ce qui expliquerait pourquoi les odeurs épicées sont l'apanage des productions tropicales.

---

(3) *Bulletin Soc. Chim. biol.*, 22, 1940, p. 497.

ZOOLOGIE. — *Cas d'intersexualité chez l'Isopode terrestre* Armadillidium vulgare (*Latreille*). Note de M. **Jean-Jacques Legrand**, présentée par M. Charles Pérez.

Les mâles de *Armadillidium vulgare* diffèrent des femelles par un grand nombre de caractères sexuels secondaires dont voici les principaux : la coloration des mâles est gris uniforme, celle des femelles est brun foncé marbrée de taches rougeâtres. Tous les péréiopodes des mâles présentent des différenciations propres à assurer le maintien sur la femelle lors de l'accouplement : les six premiers péréiopodes possèdent une brosse de soies nombreuses et serrées, insérées sur une zone aplatie de la face sternale du carpos. Les péréiopodes 4 à 6 présentent en plus une brosse analogue sur le meros. Le péréiopode 7 présente un allongement de l'ischium. Les articles suivants, carpos et méros, sont au contraire réduits. Cet ischium possède latéralement une apophyse et, sur la face tergale, une rangée de fortes soies plantées en arc de cercle autour de l'articulation du méros. Enfin sa surface sternale est concave.

La face sternale du pénis est recouverte par une lamelle triangulaire effilée vers l'arrière, que j'ai désignée par le terme de pagne. Les exopodites des pléopodes du ♂ présentent toutes les différenciations récemment décrites chez les Oniscides [1].

Notamment, le lobe postérieur de l'exopodite du deuxième pléopode est très allongé et présente, sur sa face sternale, une profonde rainure où est logé l'endopodite copulateur du premier pléopode. La face tergale de l'exopodite du cinquième pléopode présente le long de son bord interne une rainure. Celle-ci, presque transformée en tube grâce à l'enroulement d'une de ses lèvres, constitue l'appareil d'accrochage de l'*appendix masculina* (= endopodite du deuxième pléopode).

L'étude de la genèse de ces caractères sexuels secondaires montre que le pénis et son pagne, ainsi que les caractères présentés par les pléopodes, apparaissent avant toute différenciation portée par les péréiopodes. Enfin la coloration gris uniforme des mâles adultes est acquise postérieurement à l'apparition des brosses et autres différenciations des péréiopodes. Les jeunes individus des deux sexes sont primitivement gris; les femelles gardent leur marbrure qui s'atténue cependant, à mesure que le dépôt de mélanine brune devient plus important.

---

(1) J.-J. Legrand, *Bull. Soc. Zool. de France* (sous presse).

J'ai capturé en octobre 1940, au bois de Vincennes (Paris), un *A. vulgare* présentant les caractères suivants :

Taille 1cm,3 (rarement dépassée par les adultes dans cette région); coloration : brun clair fortement marbré de rouge, péréiopodes sans aucune différenciation mâle; pénis et pagne bien développés, ainsi que les eudopodites copulateurs des pléopodes 1 et 2. Exopodites des pléopodes 1 à 5 présentant toutes les différenciations précédemment décrites chez les mâles.

Testicules réduits à de minces filaments blanchâtres et non fonctionnels. Hépatopancréas de taille moitié et de forme très différente de la normale : boursouflé par endroits, marbré de taches brunes; la forme normale étant en lobes réguliers de couleur jaune paille.

Cet individu présentait commme parasite dans la cavité générale une larve de la Tachinaire *Phyto melanocephala* (Meig.), signalée jusqu'ici seulement chez les espèces *Porcellio scaber* et *Oniscus asellus* (2).

D'après l'exposé des caractères sexuels secondaires, cet individu est mâle par la présence de testicules, d'un pénis et d'un pagne et par les caractères de ses pléopodes. Il est au contraire femelle par les caractères de ses péréiopodes et sa coloration. D'une façon plus précise, sa coloration est plutôt celle d'un jeune. Quant à ses péréiopodes, on peut aussi bien les qualifier comme du type femelle adulte que du type immature, la différence étant très faible.

D'après le résumé succinct de la genèse des caractères sexuels secondaires, il est permis de penser que cet individu est un mâle dont le développement normal a été arrêté. Les caractères demeurés à l'état neutre, presque identique à l'état femelle chez les Oniscoïdes, lui donnent son aspect intersexué. Le point de virage, pour se servir du terme de R. Goldschmidt (3), se place entre l'apparition des caractères mâles des pléopodes et l'apparition des différenciations mâles des péréiopodes. La coloration, évoluant après l'apparition de ces dernières, est restée neutre.

La cause de cet arrêt dans le développement normal peut être due à la présence du parasite. Celui-ci a en effet apporté dans la physiologie de son hôte des perturbations profondes dont témoignent l'état anormal de l'hépatopancréas et la réduction des testicules.

Cependant j'ai eu l'occasion de capturer d'autres Oniscoïdes supérieurs

(2) Thompson, *C. R., Soc. Biol.*, 78, 1917, p. 785.

(3) *Le déterminisme du sexe et l'intersexualité*, Paris, 1937.

mâles parasités par la même larve, à savoir : un *Armadillidium nasatum*, un *Porcellio pictus* et deux *Porcellio scaber*. Les deux premiers constituent deux nouveaux hôtes possibles du parasite, ce qui réduit sans doute la spécificité du parasite aux espèces de grande taille et de surface. Or ces mâles étaient tous adultes et parfaitement normaux quant au développement de leurs caractères sexuels secondaires.

Mais, comme chez d'autres Arthropodes parasités, l'action du parasite sur son hôte peut dépendre de la date plus ou moins précoce de l'infestation.

ZOOLOGIE. — *Persistance des canaux de Müller chez un mâle de* Rana esculenta *L.* Note de M. **François Rullier**, présentée par M. Charles Pérez.

Chez tous les Batraciens mâles persistent des reliquats des conduits femelles. Chez l'adulte, ces organes passent le plus souvent inaperçus, à cause de leur extrême petitesse. Cependant voici un cas où le développement anormal des canaux de Müller mérite d'être signalé.

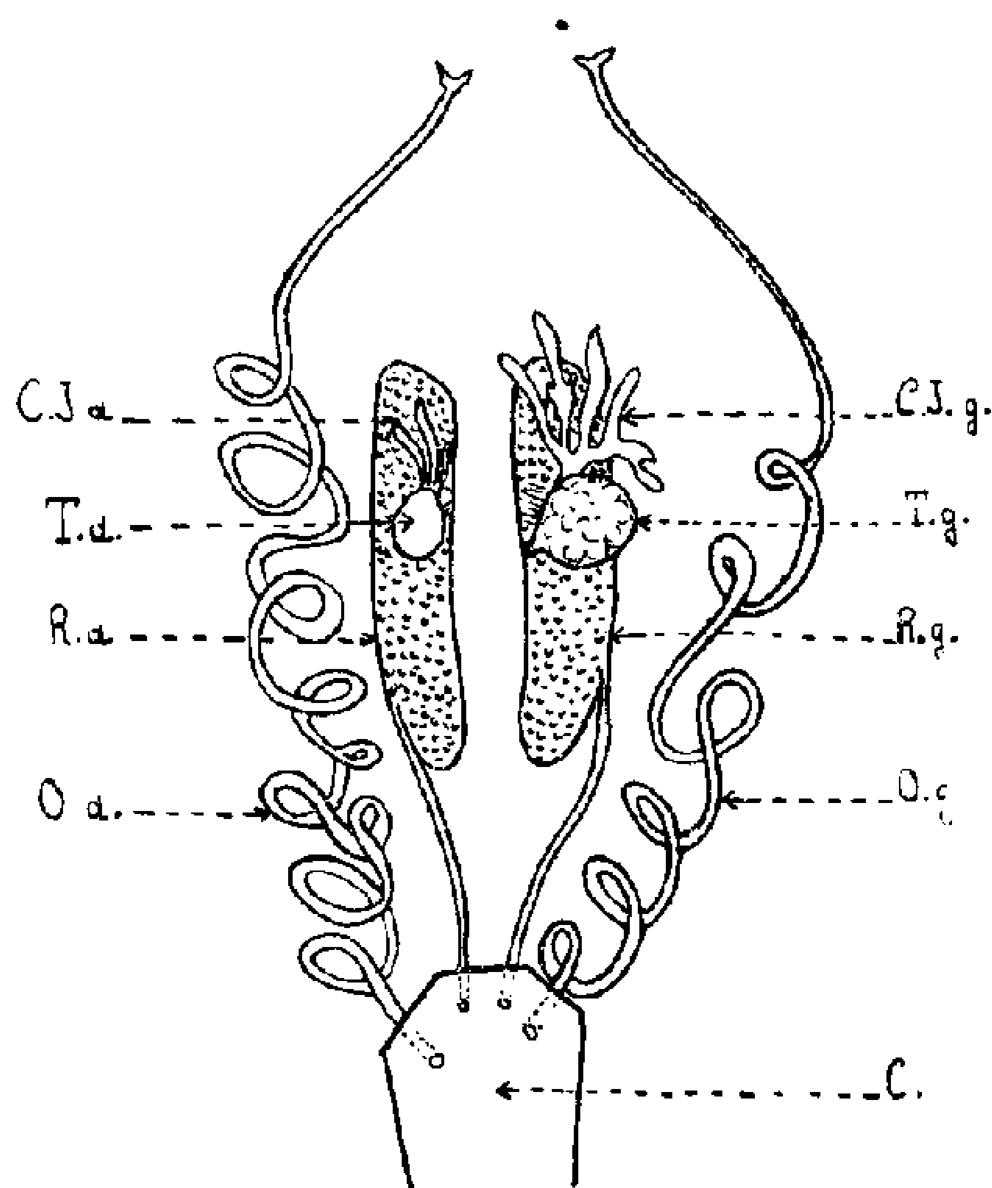
Le sujet en question est une *Rana esculenta* adulte provenant des environs d'Angers. L'animal a la morphologie externe d'un mâle. Les callosités des pattes antérieures sont bien développées, ainsi que les sacs vocaux. L'appareil génital est spécifiquement mâle. Le testicule droit, assez peu développé, ne présente guère que le tiers du volume normal; les corps jaunes qui le surmontent sont fort petits. Le testicule gauche est normal, avec des corps jaunes normaux. Il présente cependant un léger diverticule à sa base, et sa surface est mamelonnée. En coupe, il se présente bourré de spermatozoïdes ainsi que de spermatocytes à divers degrés de maturité. Les petites bosselures de la surface sont dues à des massifs très denses de spermatozoïdes alternant avec des zones beaucoup moins fournies.

A côté de ces organes mâles, on trouve deux canaux de Müller, également bien développés, épaissis et contournés. Les pavillons de ces deux oviductes sont juxtaposés à la paroi de l'œsophage, comme ils le sont habituellement.

Chez les Bufonidés, l'organe de Bidder, si rudimentaire soit-il, explique la présence des oviductes. Ici, rien de semblable. J'avais d'abord pensé avoir affaire à un cas semblable à celui que signalait M. Gallien [1], à

[1] *Bull. Soc. Zool. de France*, 64, v, 1939, p. 310.

propos d'une *Rana temporaria* intersexuée, dont un testicule était coiffé d'un ovaire, et je pensais trouver le tissu ovarien dans les petits mamelons du testicule gauche. L'examen histologique m'oblige à abandonner cette



Rana esculenta, tractus génital et gonades. — C. J. d., corps jaune droit; T. d., testicule droit; R. d., rein droit; O. d., oviducte droit; C. J. g., corps jaune gauche; T. g., testicule gauche; R. g., rein gauche; O. g., oviducte gauche; C., cloaque.

hypothèse, et je me borne à signaler le fait, sans pouvoir lui donner d'explication.

M. Fauvel a bien voulu me dire qu'en quarante-quatre ans c'est encore le seul cas qu'il ait vu sur plus de trois mille Grenouilles disséquées dans son laboratoire, et appartenant à des *Rana esculenta* provenant des environs d'Angers.

Le cas cité ici conserve donc bien son caractère exceptionnel.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La nicotinamide dans le lait de la Femme.* Note de M. **André Lwoff**, Mlle **Madeleine Morel** et M. **Louis Digonnet**, présentée par M. Émile Roubaud.

On sait que le lait de la Vache est pauvre en vitamine P.P. Les valeurs trouvées par divers auteurs (Melnick et Field; Kodicek; A. Lwoff et

M. Morel) oscillent entre 0,1 et $0^{mg},5$ pour 100^{cm^3}, la moyenne étant de $0^{mg},3$ (1).

Le lait de la Femme, d'après Kodicek, renferme moins de $0^{mg},1$ de nicotinamide pour 100^{cm^3}. La détermination exacte n'a pu être faite par les méthodes chimiques, qui ne permettent pas le dosage de quantités aussi faibles.

Nous avons appliqué au lait le test *Proteus*, beaucoup plus sensible, puisqu'il permet de doser dans 1^{cm^3} de liquide des quantités de vitamine P.P. de l'ordre de 0,01 à $0^{\gamma},09$.

Technique. — 5^{cm^3} de lait sont additionnés de $0^{cm^3},25$ d'acide chlorhydrique pur et chauffés en tubes scellés une heure à 120°. Après addition de $0^{cm^3},75$ d'eau bidistillée, on filtre sur un filtre sans cendres. On prélève $2^{cm^3},5$ du filtrat qu'on neutralise et qu'on additionne de la quantité d'eau nécessaire pour obtenir une dilution de 1/10e. On ajoute dans le milieu de culture pour *Proteus* 0,5 à 1^{cm^3} de la solution ainsi obtenue et l'on procède suivant la technique habituelle. Les résultats des dosages sont exprimés en milligrammes pour 100^{cm^3} de lait; ils sont précédés du chiffre représentant le nombre de jours écoulés depuis l'accouchement.

Femmes récemment accouchées.

Jours......	3	3	4	4	5	5	6	8	Moy.
Mg........	0,070	0,078	0,062	0,071	0,065	0,073	0,079	0.061	0,070

Nourrices.

Jours......	95	180	210	420	Moy.
Mg........	0,105	0,170	0,116	0,115	0,126

Les valeurs du premier groupe sont relatives à des sujets venus, au mois de septembre, faire leurs couches à l'Hôtel-Dieu. Ils correspondent donc à des parisiennes appartenant aux classes moyennes ou pauvres, au régime moyen de 1941.

Le chiffre de 0,078 cependant est relatif à une femme ayant mangé de la viande tous les jours et ayant absorbé 600^{mg} de nicotinamide, sous forme de 24 demi-comprimés de *Nicobion* en 24 jours. Ce traitement avait pris fin un mois avant l'accouchement. On peut donc considérer que le sujet n'était pas carencé en vitamine P. P.

La moyenne trouvée, 0,07, est-elle anormalement basse ? Deux arguments s'opposent à cette manière de voir. D'une part, Kodicek a constaté sur des sujets normaux que la teneur en vitamine P. P. était inférieure à 0,1; d'autre part, les valeurs extrêmes trouvées : 0,061 et 0,079,

(1) Bibliographie *in* A. Lwoff, *Semaine des Hôpitaux de Paris*, 17, 1941, p. 749.

s'écartent très peu de la moyenne. On pourrait s'attendre à de plus grandes variations individuelles si un facteur extrinsèque intervenait de façon dominante.

Les valeurs du second groupe ont trait à des nourrices de la Maternité de l'Hôtel-Dieu, alimentées de façon normale et mangeant de la viande deux fois par jour. Elles sont sensiblement plus élevées que celles du premier groupe. Quoique la teneur du lait en vitamine P. P. puisse être considérablement augmentée à la suite de l'ingestion de fortes quantités de nicotinamide, il paraît difficile d'attribuer les différences observées entre les deux groupes à la seule influence du régime alimentaire, et il semble possible de conclure que la teneur du lait de la Femme, en vitamine P. P., augmente au cours des mois qui suivent l'accouchement.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur la peste. L'infection de la Puce de l'Homme,* Pulex irritans *L.* Note (1) de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Émile Roubaud.

Pulex irritans, comme toutes les autres espèces de Puces, a fait l'objet de recherches expérimentales, en tant que vecteur possible de la peste.

Malgré la démonstration que cette Puce pouvait transmettre l'infection, les épidémiologistes, convaincus du rôle unique des Rongeurs comme réservoir de virus, lui dénièrent d'emblée tout rôle dans la vection de la maladie; en tant que parasite quasi-strict de l'Homme et tout à fait exceptionnel des Rongeurs, elle était incapable d'assurer la transmission du Rongeur à l'Homme, seul mode admis d'éclosion comme de propagation des épidémies humaines.

Aussi bien, les méthodes de prospection utilisées dans les foyers de peste vont-elles être dirigées, avant tout, vers la recherche, dans l'habitat humain, des Puces de Rongeurs et demeurer pratiquement inefficaces pour la capture des Puces humaines : les animaux-pièges par exemple (Cobayes, Rats) n'attirant absolument pas *Pulex irritans*, même à jeun.

Les pourcentages de *Pulex* dans les captures seront ainsi extrêmement bas et la recherche de l'infection de ces puces pratiquement toujours négligée.

(1) Séance du 17 novembre 1941.

Seule, la Commission anglaise des Indes fait mention d'un unique examen portant sur 85 *Pulex irritans* capturées dans des habitations de pesteux, au cours d'une prospection, parmi lesquelles un seul exemplaire est trouvé, à l'examen microscopique, porteur de Bacilles du type pesteux.

Au cours de l'épidémie de peste marocaine des Aït Imour, de fréquentes bouffées familiales nous ont amené à rechercher l'existence d'une transmission interhumaine et à définir le rôle qu'y pourraient jouer les ectoparasites. Nous avons déjà rapporté, ici même, les constatations faites sur l'infection du Pou de l'Homme, *Pediculus corporis;* une prospection très large a été également entreprise sur le rôle possible de *Pulex irritans.*

Après avoir rapidement constaté l'échec des méthodes habituelles de capture (récolte dans les vêtements, lâcher de rats blancs ou de cobayes *pièges*, pièges à bougie placés à côté du cadavre etc.), nous avons été amenés à fixer, pour la capture des puces humaines, la technique suivante :

Dès que possible après la mort, le cadavre était déshabillé et sorti de la pièce. Pendant qu'étaient pratiqués sur ce cadavre les divers prélèvements de contrôle, la pièce était immédiatement fermée; la porte et toutes les ouvertures par lesquelles eût pu pénétrer la lumière, scellées avec un enduit de terre; les vêtements du mort, nattes, tapis, couvertures etc., restant dans la pièce.

Quatre à cinq jours plus tard, la porte était brusquement ouverte et un large plateau à bords bas, en tôle émaillée blanche, à demi rempli d'eau, rapidement posé dans le faisceau de lumière pénétrant dans la pièce. Les puces à jeun se précipitent immédiatement vers la surface blanche et tombent dans l'eau, où elles sont ensuite recueillies et mises dans des tubes de verre fermés par une soie à bluter et intérieurement garnis de petits morceaux de toile blanche.

1° *Infection naturelle de la Puce.* — Des lots de puces, d'importance très variable (200 à une puce), ont été broyés dans quelques centimètres cubes d'eau physiologique et inoculés sous la peau de l'abdomen de cobayes ou de rats blancs.

Dans toutes les expériences positives, ces animaux sont morts de peste de 3 à 7 jours après l'inoculation, en présentant les réactions classiques déjà constatées dans les expériences d'inoculation de broyats de poux : placard séro-sanglant sous la peau de l'abdomen, adénites inguinale et axillaire, splénomégalie avec abcès; parfois infection pesteuse nodulaire des poumons ou du foie. Toutes les souches ainsi isolées furent vérifiées par culture et passage. Au total, 29 souches ont pu être obtenues de puces capturées dans des maisons de pesteux morts.

2° *Infection expérimentale sur l'Homme.* — Un lot de puces neuves (200 environ) est mis à piquer à trois reprises sur un pesteux agonique (bubonique). Ces puces sont ensuite entretenues sur un pesteux guéri pendant 9 jours, puis broyées et inoculées à un cobaye neuf qui s'infecte.

3° *Durée de l'infection de la Puce.* — Des lots de puces récoltés dans des maisons de morts, sont conservés dans des tubes de verre fermés par une soie à bluter; chaque jour, ces puces sont nourries à deux reprises (matin et soir) sur des cobayes neufs ou sur un volontaire guéri de peste bubonique.

Entre temps, les tubes sont laissés à la température du laboratoire (16-18°). Des puces, ainsi entretenues pendant 21 jours et inoculées, après broyage, à des cobayes, les ont infectés.

4° *Virulence des déjections.* — Les déjections récoltées sont pesées puis diluées dans quelques centimètres cubes d'eau physiologique, inoculées ensuite sous la peau de cobayes ou de rats blancs.

Cinq expériences sur 5, portant sur 2 à 5mg de déjections, ont été positives.

Dans un cas, quelques gouttes de déjections diluées ont été déposées sur la muqueuse buccale d'une souris, qui est morte de peste en 7 jours, en même temps que le cobaye témoin qui avait reçu 1cm³ de la même dilution sous la peau.

5° *Résistance du virus.* — Des broyats de puces mortes depuis 1 à 5 jours, se sont montrés infectants. Des déjections, conservées à l'air libre, à la température du laboratoire (16-18°), étaient encore infectantes après 5 jours.

6° *Transmission par piqûre.* — Trois lots d'environ 200 puces chacun, recueillis dans des maisons de morts, piquent, matin et soir, la peau épilée de l'abdomen d'un cobaye neuf. Ce cobaye meurt 7 jours plus tard. Sur la peau de l'abdomen, au niveau des piqûres, on note trois petits abcès de la grosseur d'une tête d'épingle. Le pus de ces petites lésions cutanées est riche en bacilles, de même que tous les viscères.

Ces mêmes lots de puces, mis ensuite à piquer sur un autre cobaye, l'infectent. L'animal meurt en 9 jours, mais, dès le quatrième, il présente un volumineux bubon inguinal gauche, relié par un cordon lymphatique à un petit charbon de la surface d'une lentille, situé légèrement à gauche de la ligne médiane. A ce cobaye succède un troisième qui meurt également en 7 jours, après avoir présenté, dès le quatrième jour, une ulcération cutanée avec bubon.

Résumé et conclusions. — 1° La Puce de l'Homme s'infecte pratiquement toujours sur les malades à la période agonique, au moment de la septicémie pesteuse.

2° La Puce reste infectée pendant 21 jours au moins.

3° Les déjections de Puces infectées sont virulentes, le virus s'y conserve pendant 5 jours au moins, dans les conditions naturelles. Ces déjections peuvent infecter par voie muqueuse.

4° Les Puces infectées peuvent transmettre la peste.

La peste, maladie des Rongeurs, reste pour l'Homme une infection endémique, tout le temps que n'entre pas en jeu la transmission interhumaine; l'allure épidémique ne peut naître que de cette transmission : par contagion directe (peste pulmonaire), par les ectoparasites humains (peste bubonique et septicémique).

L'explication de la géographie actuelle et de l'histoire ancienne des épidémies de peste bubonique se trouve donc dans la densité du parasitisme humain.

La séance est levée à $15^h 45^m$.

A. Lx.

ERRATA.

(Séance du 3 novembre 1941.)

Note de M. *Émile Sevin*, Les sauts quantiques des Étoiles :

Dans le tableau de la page 645,

θ_A est à supprimer, en tête de la dernière colonne, et doit être considéré comme étant en facteur dans l'avant-dernière;

$\mathfrak{T}$ concerne aussi bien l'avant-dernière colonne que la dernière et aurait dû être placé entre les deux;

sur une même horizontale, les expressions respectives des deux colonnes en cause sont égales.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 8 DÉCEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

MM. **Maurice Lugeon** et **Elie Gagnebin**, par l'organe de M. **Ch. Jacob**, font hommage à l'Académie d'un Mémoire intitulé *Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes romandes* (*Bulletin* n° 72 *du Laboratoire de Géologie de l'Université de Lausanne*, 90 p., 15 fig. et 1 Carte hors texte).

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Institut français d'Archéologie de Stamboul. *Phrygie. Exploration archéologique*. Tome I. *Géologie et Géographie physique* par Ernest Chaput. Paris, 1941. Mém. in-4° de 144 p., 9 fig., 5 Pl. et 1 Carte géologique au 1400000e.

2° *Carte géologique de la Syrie et du Liban* au 1 : 1000000e, dressée par Louis Dubertret. 2e édition. Beyrouth, juin 1941.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une dégénérescence des fonctions d'Appell.* Note (1) de M. E. **Argence**, présentée par M. Paul Montel.

1. Les n fonctions

$$U_i = e^{-(\lambda_2+\lambda_3+\ldots\lambda_n)} P_i(\lambda_2\varphi_2, \lambda_3\varphi_3, \ldots, \lambda_n\varphi_n) \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

---

(1) Séance du 24 novembre 1941.

où P désigne les n fonctions d'Appell généralisées, sont solutions des équations de M. Botéa

$$\begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial\varphi_1} & \frac{\partial}{\partial\varphi_2} & \cdots & \frac{\partial}{\partial\varphi_n} \\ \frac{\partial}{\partial\varphi_n} & \frac{\partial}{\partial\varphi_1} & & \frac{\partial}{\partial\varphi_{n-1}} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{\partial}{\partial\varphi_2} & \frac{\partial}{\partial\varphi_3} & & \frac{\partial}{\partial\varphi_1} \end{vmatrix} U = 0.$$

A ces équations sont attachées les géométries quasi euclidiennes dont l'élément ds^n est du type de M. Botéa ([2]).

2. On peut se proposer de chercher les équations différentielles et les fonctions d'Appell dégénérées correspondant aux variétés à $n-p$ dimensions des espaces de M. Botéa.

Considérons l'équation du troisième ordre à deux variables

$$(1)\qquad \frac{\partial^2}{\partial u\, dv}\left(\frac{\partial U}{\partial u} + \frac{\partial U}{\partial v}\right) = 0.$$

Effectuons le changement de variables

$$u = \xi + \eta$$
$$v = j\xi + j^2\eta \qquad \text{avec} \quad j^3 = 1 \qquad (j \neq 1).$$

Nous obtenons

$$(1')\qquad \frac{\partial^3 U}{\partial\xi^3} + \frac{\partial^3 U}{\partial\eta^3} = 0 \qquad \text{ou} \qquad \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial\xi} & \frac{\partial}{\partial\eta} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial\xi} & \frac{\partial}{\partial\eta} \\ \frac{\partial}{\partial\eta} & 0 & \frac{\partial}{\partial\xi} \end{vmatrix} U = 0.$$

Considérons de même les équations du quatrième ordre

$$(2)\qquad \frac{\partial^3}{\partial u\, \partial v\, \partial w}\left(\frac{\partial U}{\partial u} + \frac{\partial U}{\partial v} + \frac{\partial U}{\partial w}\right) = 0,$$

$$(3)\qquad \frac{\partial^2}{\partial u\, \partial v}\left(\frac{\partial^2 U}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial v^2}\right) = 0.$$

([2]) *Comptes rendus*, 195, 1932, p. 992.

Effectuons, dans l'équation (2), le changement de variables

$$\text{(II)} \qquad \begin{cases} u = \xi + \eta + \zeta, \\ v = i\xi - \eta - i\zeta, \\ w = -\xi + \eta - \xi, \end{cases}$$

et, dans l'équation (3),

$$\text{(III)} \qquad \begin{cases} u = \xi + \eta, \\ v = \eta - \xi. \end{cases}$$

Nous obtenons les équations

$$(2') \qquad \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial\xi} & \frac{\partial}{\partial\eta} & \frac{\partial}{\partial\zeta} & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial\xi} & \frac{\partial}{\partial\eta} & \frac{\partial}{\partial\zeta} \\ \frac{\partial}{\partial\zeta} & 0 & \frac{\partial}{\partial\xi} & \frac{\partial}{\partial\eta} \\ \frac{\partial}{\partial\eta} & \frac{\partial}{\partial\zeta} & 0 & \frac{\partial}{\partial\xi} \end{vmatrix} \mathrm{U} = 0,$$

$$(3') \qquad \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial\xi} & \frac{\partial}{\partial\eta} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial\xi} & \frac{\partial}{\partial\eta} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial\xi} & \frac{\partial}{\partial\eta} \\ \frac{\partial}{\partial\eta} & 0 & 0 & \frac{\partial}{\partial\xi} \end{vmatrix} \mathrm{U} = 0,$$

auxquelles sont associés les éléments linéaires

$$ds^4 = p_4(d\xi, d\eta, d\zeta, 0),$$
$$ds^4 = p_4(d\xi, d\eta, 0, 0).$$

Ces résultats s'étendent aisément à l'hyperespace.

Considérons les fonctions d'Appell dégénérées

$$\varpi_1 = \frac{e^{\varphi_2+\varphi_3+\ldots+\varphi_p} + e^{j_1\varphi_2+j_1^2\varphi_3+\ldots+j_1^{p-1}\varphi_p} + \ldots + e^{j_{n-1}\varphi_2+\ldots+j_{n-1}^{p-1}\varphi_p}}{n},$$

$$\varpi_2 = \frac{e^{\varphi_2+\varphi_3+\ldots+\varphi_p} + j_1 e^{j_1\varphi_2+j_1^2\varphi_3+\ldots+j_1^{p-1}\varphi_p} + \ldots + j_1^{n-1} e^{j_{n-1}\varphi_2+\ldots+j_{n-1}^{p-1}\varphi_p}}{n},$$

. . . . ,

$$\varpi_n = \frac{e^{\varphi_2+\varphi_3+\ldots+\varphi_p} + j_{n-1} e^{j_1\varphi_2+j_1^2\varphi_3+\ldots+j_1^{p-1}\varphi_p} + \ldots + j_{n-1}^{n-1} e^{j_{n-1}\varphi_2+\ldots+j_{n-1}^{p-1}\varphi_p}}{n},$$

avec $j^n = 1$.

Les n fonctions

$$U_i = e^{-(\lambda_2+\lambda_3+\ldots+\lambda_p)x_1}\varpi_i(\lambda_2 x_2, \lambda_3 x_3, \ldots, \lambda_p x_p)$$

sont solutions des équations

$$\Delta_{n,p}U = 0 \qquad \text{où} \quad \Delta_{n,p}U = \begin{vmatrix} \frac{\partial}{\partial x_1} & \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_p} & 0 & . & \cdots & . & 0 \\ 0 & \frac{\partial}{\partial x_1} & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_{p-1}} & . & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_p} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots\cdots & . & \cdots & \cdots & . & . \\ \frac{\partial}{\partial x_2} & \cdots & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_p} & 0 & \cdots & \frac{\partial}{\partial x_1} & & . \end{vmatrix}.$$

En particulier, pour les équations (1) nous obtenons

$$U_1 = e^{-\lambda\xi} f_1(-\lambda\eta),$$
$$U_2 = e^{-\lambda\xi} f_2(-\lambda\eta),$$
$$U_3 = e^{-\lambda\xi} f_3(-\lambda\eta),$$

où f_1, f_2, f_3 désignent les sinus d'ordre supérieur de Villarceau. De même, pour les équations (2')

$$U = e^{-(\lambda+\mu)\xi}(e^{\lambda\eta}\operatorname{ch}\mu\zeta \pm e^{-\lambda\eta}\cos\mu\zeta),$$
$$V = e^{-(\lambda+\mu)\xi}(e^{\lambda\eta}\operatorname{sh}\mu\zeta \pm e^{-\lambda\eta}\sin\mu\zeta).$$

On obtiendrait de même des solutions des équations (3') en posant $\lambda = 0$ ou $\mu = 0$.

MÉCANIQUE. — *Sur les équilibres limites des milieux continus.* Note de M. **André Charrueau**, présentée par M. Henri Villat.

Considérons le problème *général* des équilibres limites *plans*. L'équilibre est supposé limite en tout point. Les forces et les contraintes sont indépendantes de la coordonnée z du système trirectangulaire $Oxyz$ choisi.

I. *Supposons d'abord le milieu homogène.* — On a

$$(1) \qquad \frac{\partial N_x}{\partial x} + \frac{\partial T_{xy}}{\partial y} = X,$$

$$(2) \qquad \frac{\partial T_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial N_y}{\partial y} = Y,$$

$$(3) \qquad (N_x - N_y)^2 + 4T_{xy}^2 = 4f(N_x + N_y).$$

N_x, N_y, N_{xy} ont le sens habituel; X et Y, fonctions de x et y, sont les composantes de la force extérieure; $f(N_x + N_y)$ est une fonction de $N_x + N_y$ déduite de la courbe intrinsèque, Γ, *quelconque*.

1° Le système (1), (2), (3) peut être ramené à un système de *deux équations linéaires* aux dérivées partielles du *premier ordre* de deux fonctions inconnues de x et y.

a. Prenons d'abord pour fonctions inconnues $m = (N_x + N_y)/2$ et θ, angle de la plus grande contrainte principale et de l'axe des x. M. Mandel [1] a indiqué que les courbes caractéristiques du système obtenu ne sont autres que les lignes de glissement. On le vérifie sur la première équation des deux systèmes suivants, qui sont ceux des caractéristiques

$$(4)\quad \begin{cases} dy - \operatorname{tang}\left(\theta - \dfrac{\pi}{4} + \dfrac{\varphi}{2}\right) dx = 0, \\ 2a(\sin\varphi + \cos 2\theta)\left(\dfrac{\cos\varphi}{2a}\, dm - d\theta\right) \\ \quad - \{X\cos(2\theta - \varphi) + Y[-1 + \sin(2\theta - \varphi)]\}\, dx = 0, \end{cases}$$

$$(5)\quad \begin{cases} dy - \operatorname{tang}\left(\theta + \dfrac{\pi}{4} - \dfrac{\varphi}{2}\right) dx = 0, \\ 2a(\sin\varphi + \cos 2\theta)\left(\dfrac{\cos\varphi}{2a}\, dm + d\theta\right) \\ \quad - \{X\cos(2\theta + \varphi) + Y[1 + \sin(2\theta + \varphi)]\}\, dx = 0; \end{cases}$$

φ est l'angle que fait, avec l'axe de Γ, la tangente commune à cette courbe et à la circonférence de Mohr, en leur point de contact (ν, τ) du demi-plan $\tau > 0$. a est le rayon de cette circonférence. a et φ sont des fonctions connues de m.

b. On peut prendre N_x et T_{xy} comme fonctions inconnues. Les équations des deux systèmes de caractéristiques sont alors

$$(6)\quad \begin{cases} dy - \mu_1\, dx = 0, \\ \mu_2\, dN_x - dT_{xy} - (\mu_2 X - Y)\, dx = 0; \end{cases}$$

$$(7)\quad \begin{cases} dy - \mu_2\, dx = 0, \\ \mu_1\, dN_x - dT_{xy} - (\mu_1 X - Y)\, dx = 0. \end{cases}$$

μ_1 et μ_2 sont les racines de $\xi\mu^2 - 2T_{xy}\mu + \eta = 0$, avec

$$\xi = N_x - \nu, \qquad \eta = N_y - \nu = \frac{T_{xy}^2 - \tau^2}{\xi}.$$

---

(1) *Comptes rendus*, 206, 1937, pp. 317 et 318.

On a

$$\mu_1 = \frac{T_{xy} - \tau}{\xi}, \qquad \mu_2 = \frac{T_{xy} + \tau}{\xi},$$

et ν, τ, ξ, η, μ_1, μ_2 sont des fonctions connues de N_x et T_{xy} seuls.

2° On peut aussi déduire de (1), (2), (3) une équation *linéaire* aux dérivées partielles du *second ordre*. Soient P et Q deux fonctions déterminées de x et y telles que $\partial P/\partial x = X$, $\partial Q/\partial y = Y$. Si l'on écrit

$$(8) \qquad N_x = \frac{\partial^2 F}{\partial y^2} + P, \qquad N_y = \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + Q, \qquad T_{xy} = -\frac{\partial^2 F}{\partial x\, \partial y},$$

où F est une fonction de x et y, les équations (1) et (2) sont satisfaites. Portant les valeurs (8) dans (3), dérivant les deux membres par rapport à y et posant

$$\frac{\partial F}{\partial y} = u, \qquad \frac{\partial u}{\partial x} = p, \qquad \frac{\partial u}{\partial y} = q, \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = r, \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial x\, \partial y} = s, \qquad \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = t,$$

on obtient l'équation linéaire

$$(9) \qquad \xi r + 2 T_{xy} s + \eta t + \xi Y + \eta \frac{\partial P}{\partial y} = 0,$$

dont tous les coefficients sont des fonctions connues de x, y, p, q seuls.

Les courbes caractéristiques de (9) sont les mêmes que celles des systèmes du premier ordre étudiés aux paragraphes I, 1° *a* et *b*.

II. *Considérons maintenant un milieu hétérogène.* — Nous supposons que la courbe intrinsèque relative à tout point (x, y, z) du milieu est représentée par une équation dont la forme est indépendante de la position du point, mais *dans laquelle x et y figurent comme paramètres.* Les méthodes indiquées aux paragraphes I, 1° et 2° s'appliquent, avec les changements appropriés. On démontre notamment que *les courbes caractéristiques* des systèmes du premier ordre ou de l'équation du deuxième ordre que l'on obtient *sont encore les lignes de glissement.*

RELATIVITÉ. — *Sur deux questions de relativité.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Variance du moment magnétique sous forme finie. — La question a été soulevée de différents côtés [1], mais sans qu'une réponse satisfaisante lui

(1) Voir par exemple Uhlenbeck et Laporte, *Phys. Rev.*, 37, 1931, p. 1553.

ait été donnée, du moins à notre connaissance. Le problème peut être traité d'une manière purement formelle, dans le même esprit que celui du moment cinétique propre que nous avons étudié l'an dernier ([2]).

Partons du fait que c'est un tenseur antisymétrique du second rang $\mu_{ij}(i, j = 1, 2, 3, 4)$ qui décrit les densités de moments magnétique et électrique à la fois. Ce tenseur, convenablement multiplié par l'élément trilinéaire $[dx^i dx^j dx^k]$ ou par son quadrivecteur dual δu^l, puis intégré sur l'hypercloison du genre espace qui décrit un état (généralement non simultané) du fluide polarisé, donnera le moment électrique E ou le moment magnétique M fini; pour fixer les idées, considérons ce dernier cas.

En raisonnant sur le quadrivecteur δu^l (dont la composante δu^4 représente le volume élémentaire δu), nous voyons qu'il y a deux hypothèses possibles

$$\delta M_j = \mu_{ij}\,\delta u^i, \qquad \delta M_{ijk} = \mu_{ij}\,\delta u_k;$$

la première conduit, pour le moment δM, à un quadrivecteur, et la seconde à un tenseur du troisième rang, antisymétrique par rapport aux deux premiers indices, et ayant par conséquent 24 composantes distinctes en module. Il n'existe pas de combinaison additive des $\mu_{ij}\,\delta u_k$ qui assure automatiquement l'antisymétrie complète de δM, de sorte qu'il semble bien qu'il faille, pour des raisons physiques, écarter cette seconde hypothèse : on n'a jusqu'ici, en effet, aucune raison d'admettre une pareille complexité pour le moment fini.

En raisonnant sur l'élément trilinéaire $[dx^i dx^j dx^k]$ lui-même, on aboutit aux mêmes conclusions : en effet, des trois hypothèses *a priori* possibles caractérisées par le nombre 2, 1, ou des indices muets, la dernière doit être rejetée comme conduisant au rang 5 pour le tenseur produit; les deux premières correspondent respectivement à celles envisagées précédemment.

Lorsque l'élément fluide est considéré simultanément ($\delta u^u = 0$; $u = 1, 2, 3$), δM_4 s'annule et l'expression de chacun des trois δM_u ne comprend qu'un seul terme : celui en μ_{4u}. On retombe ainsi sur la notion habituelle de densité vectorielle spatiale, les trois μ_{4u} représentant la densité de moment magnétique.

Plaçons-nous maintenant dans le système galiléen entraîné, et admet-

---

([2]) *Comptes rendus*, 211, 1940, pp. 228 et 499.

tons, par exemple (comme il arrive pour le fluide de probabilité de Dirac), que les trois μ_{uv} caractérisant la densité du moment électrique s'y annulent. On a

$$\delta M_u = \mu_{4u}\,\delta u^4, \qquad \delta M_4 = -\,\mu_{4u}\,\delta u^u,$$

de sorte que, même dans un tube d'Univers infiniment délié, le quadrivecteur moment magnétique fini dépend de l'orientation de l'hypersection; c'est là une circonstance gênante qui, comme on sait, ne se produit pas dans le problème de l'impulsion-masse. Si, par un passage à la limite, nous voulons définir sans ambiguïté le moment magnétique propre d'un point matériel, nous devrons prendre une hypersection normale ; dans ce cas, la composante M_4 s'annule dans le système propre, de sorte que le quadrivecteur M_i, du genre espace, satisfait à la relation bien connne dans le cas de la densité de force de Lorentz, par exemple.

Sur la cinématique du solide en rotation. — L'hypothèse simple d'une contraction radiale convenable permet de lever le paradoxe bien connu qui se présente pour la mise en rotation d'un solide initialement au repos dans un certain système galiléen; une conséquence physiquement intéressante de cette loi de contraction est qu'il devient possible en principe d'augmenter indéfiniment la vitesse angulaire d'un solide donné sans que jamais la vitesse linéaire d'aucun de ses points dépasse c.

Prenons comme référence le système galiléen lié à l'axe de rotation (supposé sans précession) et postulons que, malgré la contraction de Lorentz qui joue pour les éléments matériels de chaque circonférence, ceux-ci doivent rester jointifs; il s'ensuit nécessairement, r_0 désignant la valeur au repos du rayon r et ω la vitesse angulaire, une contraction radiale définie par la loi

$$r^2 = r_0^2\left(1 - \frac{\omega^2 r^2}{c^2}\right);$$

précisons bien qu'il s'agit là d'un effet relativiste transversal non pas direct, mais induit, venant en conséquence d'un postulat physique spécial.

Résolvant la relation précédente par rapport à r^2, il vient, comme il a été annoncé,

$$\omega^2 r^2 = \frac{c^2}{1 + \dfrac{c^2}{\omega^2 r_0^2}} < c^2.$$

DYNAMIQUE STELLAIRE. — *Les figures des nébuleuses elliptiques et les figures des nébuleuses spirales sont-elles les phases successives de l'évolution normale des univers?* Note de M. **Hervé Fabre**, présentée par M. Jean Chazy.

On sait que les univers stellaires extérieurs à la Galaxie affectent, de préférence, soit la forme d'un ellipsoïde de révolution aplati avec un noyau central plus ou moins prononcé, soit, plus souvent encore, la forme d'une spirale constituée par deux branches presque symétriques issues d'un noyau central et accomplissant un parcours angulaire compris, pour chacune d'elles, entre un demi-tour et un tour et demi de spire, dans la plupart des cas observés. La classification de Hubble introduit ensuite huit catégories d'univers sphéroïdaux ou nébuleuses elliptiques, à savoir : E_0 sphérique, puis E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7 d'aplatissements croissants, et trois catégories d'univers spiraux ou nébuleuses spirales : S_a, S_b, S_c, les indices a, b, c marquant les degrés successifs de l'épanouissement des branches. Or un univers de forme sphéroïdale avec un sens général de rotation autour du petit axe ne peut évoluer qu'en s'aplatissant, d'où il résulte que les stades E_1, E_2, ..., E_7 des nébuleuses elliptiques sont atteints l'un après l'autre par toute nébuleuse partie du stade E_0. D'autre part, des marques très nettes d'évolution se manifestent dans la séquence S_a, S_b, S_c des nébuleuses spirales lorsqu'on examine les nodosités situées le long des branches, et dont la nature stellaire est la même dans les nébuleuses S_c que dans les nuages d'étoiles de notre Galaxie. Chaque nébuleuse spirale passe donc du stade S_a dans le stade S_b, et du stade S_b dans le stade S_c. Mais il y a un phénomène plus remarquable encore, c'est que le plus fort aplatissement observable chez les nébuleuses elliptiques (classe E_7) est précisément égal au plus faible aplatissement observable chez les nébuleuses spirales (classe S_a); cet aplatissement-limite est de 0,7 environ. L'état de nébuleuse spirale pourrait donc découler de l'état de nébuleuse elliptique à un moment déterminé de la vie de chaque univers, le changement d'état s'opérant d'une manière relativement rapide. Les avis étant partagés sur l'existence de cette filiation, nous allons exposer quelques arguments d'ordre dynamique qui nous semblent militer en sa faveur, en restant toujours dans le cadre de la loi d'attraction de Newton :

1° L'aplatissement critique, au delà duquel la figure de nébuleuse elliptique cesse d'exister, jouit de la propriété caractéristique suivante :

c'est l'aplatissement pour lequel le déplacement des nœuds d'une orbite stellaire sur le plan équatorial de la nébuleuse, d'une révolution à la suivante, est égal au déplacement des apsides de cette même orbite lorsque son inclinaison sur l'équateur est une quantité du premier ordre de petitesse.

2° Considérons alors un groupement d'étoiles voisines entre elles à une époque donnée (comme le sont, par exemple, les étoiles les plus proches du Soleil), et dont les constantes des forces vives, ainsi que les constantes des aires, sont approximativement les mêmes. Si l'aplatissement de la nébuleuse elliptique a atteint sa valeur critique, un tel groupement d'étoiles, au voisinage du plan de l'équateur, doit se retrouver dans la même configuration lorsque la longitude prend certaines valeurs équidistantes entre elles, et cela introduit une inégalité périodique dans le potentiel qui régit le mouvement individuel d'une étoile du groupe, alors que, pour tout autre aplatissement de la nébuleuse inférieur à l'aplatissement critique, il y a compensation, dans le temps, entre les inégalités d'attraction des étoiles voisines.

3° Le résultat de cette inégalité périodique, qui peut d'ailleurs être renforcée par certaines combinaisons des constantes des forces vives et des aires mettant en jeu d'autres étoiles, est que des termes linéaires s'ajoutent aux coefficients de la solution de l'équation différentielle donnant la latitude. Des résonances se produisent dans toute la région équatoriale de la nébuleuse et la répartition des masses se trouve détruite. Une nouvelle structure s'établit.

4° Une expansion se produit nécessairement à ce moment-là dans le plan équatorial, car les perturbations sur les bords du sphéroïde ont pour effet de dévier les étoiles sur des orbites spirales asymptotiques (courbes étudiées par Lindblad). Ces courbes peuvent former deux faisceaux issus de deux régions diamétralement opposées, et l'on a la figure ordinaire des nébuleuses spirales, où les branches se développent aux dépens du noyau dans la suite de l'évolution. Le calcul indique que pour un noyau suffisamment réduit la spirale logarithmique est la seule courbe géométrique d'allure simple qui puisse être l'aboutissement de la figure apparente des branches. Effectivement les nébuleuses S_c sont assez bien représentées par des systèmes de spirales logarithmiques autour d'un petit noyau sphérique.

5° La question la plus délicate est celle des deux points préférentiels par où la matière s'échappe du noyau. Remarquons que l'expansion en spirale ne peut s'effectuer sans perte d'énergie, à cause des collisions inélastiques

entre les particules interstellaires ou entre ces particules et les étoiles. Dans ce *brassage* du nuage cosmique, la perte d'énergie sera minima si le nombre de points d'éjection est minimum, et comme un seul point d'éjection est incompatible avec la fixité du centre de gravité, c'est avec deux points d'éjection diamétralement opposés que sera vérifié le principe de la moindre dissipation d'énergie.

Une théorie des nébuleuses spirales a été édifiée par nous d'après les idées que nous venons de résumer : un certain nombre d'exemples servent d'appui à cette théorie.

PHYSIQUE. — *Comment les coefficients du développement de Fourier peuvent conduire à la meilleure formulation d'une loi expérimentale.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons montré [1] comment le développement du type trigonométrique résolvait, d'une manière sans doute pénible et *inélégante*, le problème de la *meilleure* formulation d'une loi expérimentale. Mais, ce développement étant très vite *limité* par l'imprécision expérimentale, et la convergence en étant très *lente*, l'approximation obtenue serait, de loin, insuffisante. Nous allons voir qu'on peut, heureusement, en déduire d'autres représentations ayant la *précision nécessaire*, et qui présenteront, d'elles-mêmes, les mêmes qualités.

I. A cet effet, en nous appuyant sur des formules classiques, nous identifierons *les premiers* termes du développement trigonométrique, *seuls* connus avec une précision suffisante, avec les termes correspondants du développement trigonométrique de *certaines expressions analytiques;* et, de l'identité *des premiers termes* nous déduirons (c'est notre hypothèse; elle se justifie par le nombre, relativement *important*, des données prises en considération : 8, dans l'exemple que nous avons numériquement traité; et l'on fait, du reste, une hypothèse *identique* dans tout emploi de développement limité) l'identité *des deux développements*, et, par suite, la représentation de la fonction expérimentale par lesdites expressions analytiques.

L'intervalle expérimental étant amené, par dilatation des abscisses, à être $(0, 2\pi)$, nous obtiendrons des développements pratiques en représentant, en fonction de n, les coefficients A_n et B_n de $\sin nx$ et $\cos nx$, par

[1] *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 777.

diverses formules. Posons

$$(1)\quad A_n = C_1 n^{-1} + C_3 n^{-3} + \ldots + C_{2i+1} n^{-(2i+1)}; \qquad B_n = C_2 n^{-2} + C_4 n^{-4} + \ldots + C_{2i} n^{-2i}.$$

a. La fonction $f(x)$, qui se serait développée en

$$f(x) \equiv B_0 + A_1 \sin x + B_1 \cos x + A_2 \sin 2x + B_2 \cos 2x + \ldots,$$

prend la forme

$$(2)\quad B_0 + C_1\left(\frac{\pi}{2} - \frac{x}{2}\right) + C_2\left(\frac{\pi^2}{6} - \frac{\pi x}{2} + \frac{x^2}{4}\right) + C_3\left(\frac{\pi^2}{6}x - \frac{\pi x^2}{4} + \frac{x^3}{12}\right)$$
$$+ C_4\left(\frac{\pi^4}{90} - \frac{\pi^2 x^2}{12} + \frac{\pi x^3}{12} - \frac{x^4}{48}\right) + \ldots.$$

b. Représentons, au contraire, A_n et B_n par des fractions rationnelles, du genre de celles que nous avons proposées pour la formulation des lois expérimentales, soit, par exemple,

$$(3)\quad A_n = n(pn^2 + q)(n^2 + a^2)^{-2}; \qquad B_n = (cn^2 + d)(n^2 + a^2)^{-2};$$

$f(x)$ apparaît sous une forme que l'on *sait* exprimer en termes finis, mais *trop compliquée* pour que nous la rapportions ici : $f(x)$ se compose d'une expression linéaire, à laquelle s'ajoutent deux expressions linéaires multipliant un terme en sinus hyperbolique, et un terme en cosinus hyperbolique.

II. Mais le problème *n'est pas encore* résolu, parce que les formules représentatives approchées (1) et (3) ne conviennent pas, en général, dès $n = 1$, *surtout la première*, les C pouvant croître avec l'indice. Nous ne les appliquerons donc qu'à partir de $n = 2$ (par exemple), et nous conserverons, dans le développement finalement adopté pour $f(x)$, un terme en $\sin x$ et un terme en $\cos x$, dont les coefficients seront

$$\left(A_1 - \sum_1^{2i+1} C\right) \quad \text{et} \quad \left(B_1 - \sum_2^{2i} C\right)$$

En particulier, le développement (2) ne prendra la forme d'un polynome que si l'on développe, en série entière limitée, les termes conservés en $\sin x$ et $\cos x$, ce qui n'est acceptable, les développements devant être encore valables pour $x = 2\pi$, que si on les pousse jusqu'à des puissances *élevées*. Et ce serait pour cette raison profonde qu'*un développement entier représente si difficilement une fonction expérimentale*.

III. Nous avons appliqué ces diverses considérations à une expérience

sur la convection de M. Jules Fleury (courbe de température admettant un maximum, un point d'inflexion et une asymptote horizontale). La conduite des calculs a montré qu'il fallait limiter les développements (1) à C_1, C_3, C_5, d'une part, C_2 et C_4, d'autre part, et ne pas utiliser les B au delà de B_3, et qu'au lieu de pousser jusqu'à A_4 pour avoir les trois équations déterminant C_1, C_3, C_5, il valait mieux déterminer séparément C_1 par le fait que, dans le développement (2), seule l'expression multipliée par C_1 prend des valeurs différentes (variation égale à $-\pi$) quand x passe de 0 à 2π. Dans le cas du développement *b*, *p* est égal au coefficient C_1 précédent; a^2, q, puis c et d sont donnés par A_2, A_3, B_2, B_3.

Les développements *a* et *b* ont été trouvés exactement équivalents. Ils comportent 8 paramètres, et nous les prendrons indifféremment pour définir, en principe, la meilleure formulation.

PHYSIQUE. — *Recherches sur la densité du graphite et détermination du coefficient moyen de compressibilité entre* 1 *et* 20000 kg/cm². Note de M. **James Basset**, présentée par M. Albert Caquot.

Les chiffres donnés par divers auteurs pour la densité du graphite sont assez variables.

Les différences constatées proviennent de la difficulté d'obtenir une masse de graphite pure et homogène, sans vacuoles entre macles, et privée de gaz occlus ou absorbés, avec laquelle on puisse faire une mesure correcte de la densité du corps normalement cristallisé.

Les échantillons de graphite naturel le plus pur renferment toujours une proportion d'impuretés de 0,5 à 1 %, influant peu sur la mesure de la densité; par contre la structure macroscopique des blocs de graphite présente toujours des macles tourmentées, l'assemblage cristallin des échantillons et la présence des vacuoles et de gaz absorbés en plus ou moins grande quantité dépendant des conditions de formation de l'échantillon considéré.

Dans un même bloc, il est fréquent de trouver des densités différentes pour des échantillons voisins.

Toute tentative d'homogénéisation par pulvérisation et traitements quelconques d'épuration n'ont pour effet, en raison de l'affinité absorbante du graphite, que d'apporter des éléments perturbateurs nouveaux dans les mesures faites sur les parcelles épurées.

Moissan a trouvé des densités (¹) s'échelonnant entre 2,17 et 2,35; Le Chatelier trouve 2,25 pour divers échantillons comprimés à 5000 kg/cm² (²).

J'ai cherché quelle était la densité d'échantillons de graphite très purs soumis à une compression mécanique suffisante pour écraser les assemblages cristallins maclés et réduire le volume des gaz, éventuellement occlus à une valeur négligeable.

Les échantillons sont préparés par taillage dans un bloc ou agglomération préalable sous 20000 kg/cm² des morceaux sélectionnés ou de la poudre.

Les échantillons sont ajustés dans un pot de presse cylindrique de 8^{mm} de diamètre qu'ils remplissent sur 40^{mm} de hauteur, et ils sont comprimés directement entre deux pistons étanches. Des verniers donnent à chaque instant la longueur du cylindre de graphite comprimé à 1/20e de millimètre près. Dans le calcul du volume occupé les corrections nécessaires sont apportées pour tenir compte des déformations élastiques de tout l'ensemble expérimental.

Connaissant le poids de l'échantillon essayé, la densité est connue à chaque pression à 0,2 % près environ.

Chaque échantillon subit les préparations suivantes :

Mesure de la densité apparente à l'état naturel;
Première compression à 20000 kg/cm²;
Dégazage du bloc brut obtenu à 2100° au four à induction dans le vide (³);
Deuxième compression à 20000 kg/cm² suivie d'un second dégazage;
Troisième compression à 20000 kg/cm² et ajustage du bloc pour l'essai.

Densités observées.

Pression (kg/cm²)...	État naturel.	1.	5000.	10000.	15000.	20000.
I...........	2,180	2,260	2,314	2,352	2,385	2,410
II..........	2,150	2,190	2,258	2,302	2,341	2,375
III.........		2,070	2,180	2,252	2,295	2,330

I. Échantillon monobloc prélevé dans un morceau de graphite de Sibérie très pur (0,5 à 1 % d'impuretés).

(¹) MOISSAN, *Comptes rendus*, **123**, 1896, p. 206, et *Ann. de Chim. Phys.*, 8, 1896, p. 466.

(²) LE CHATELIER et VOLOGDINE, *Comptes rendus*, **146**, 1908, p. 49.

(³) Effectué au Laboratoire de M. le Professeur Ribaud.

II. Échantillon obtenu par compression de morceaux de graphite de Ceylan très pur (1,05 % d'impuretés).

III. Échantillon obtenu par compression de graphite synthétique Achéson (poudre passant au tamis 200).

Si l'on trace de 1000 en 1000^{kg} la courbe de compressibilité de l'échantillon le plus complet n° I, on voit qu'il doit contenir encore des traces de gaz occlus, l'intrapolation de la partie supérieure de la courbe au delà de 6000 kg/cm² montrant que le point origine de la courbe à la pression atmosphérique devrait se trouver à une densité vraie de l'ordre de 2,275 pour cet échantillon.

Trois compressions sous 20000 kg/cm² et les deux dégazages effectués ne permettent donc pas d'atteindre une parfaite homogénéité et de fixer avec certitude la densité vraie d'un graphite donné à la pression atmosphérique.

Coefficient moyen de compressibilité [$\mu = (V - V')/V(P' - P)$]. — Ces recherches ont permis de déterminer le coefficient moyen de compressibilité du graphite de 5000 en 5000 kg jusqu'à 20 000 kg/cm² à la température de 18°.

P et P' (kg/cm²)	1 à 5000.	5000 à 10000.	10000 à 15000.	15000 à 20000.
$\mu \times 10^6$	4,41	3,27	2,50	1,90

(chiffres déterminés sur l'échantillon le plus compact et le plus homogène n° I).

A titre indicatif, pour le mercure, ce coefficient, entre 1 et 50 kg/cm², est de 3,92 (Amagat, 1892), celui de l'eau 52,5.

ÉLECTROCHIMIE. — *Activité de l'ion cadmium dans les solutions d'acétate de cadmium.* Note [1] de Mlle **Marguerite Quintin**, présentée par M. Jacques Duclaux.

J'ai montré [2] que les mesures de conductibilité conduisent à penser que l'acétate de cadmium se comporte comme un électrolyte fort, c'est-à-dire qu'il doit être considéré comme entièrement dissocié en solution.

Il est alors possible d'aborder l'étude de l'activité de l'ion Cd^{++} dans les solutions d'acétate de cadmium par la méthode électrométrique.

---

(1) Séance du 1er décembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 855.

La mesure de la force électromotrice (f.é.m.) de la chaîne


Cd (amalgame 2 phases) | $(CH^3CO^2)^2Cd$, c | KCl sat. | KCl 0,1N | Hg^2Cl^2, Hg

à différentes concentrations c donne, en négligeant le potentiel de jonction entre les deux liquides et en tenant compte du potentiel de l'électrode de référence, le potentiel E de l'amalgame de cadmium dans la solution considérée.

Or

$$E = E_0 - \frac{RT}{2\mathcal{F}} \operatorname{Log} c f_+, \tag{1}$$

où f_+ représente le coefficient d'activité de l'ion Cd^{++} et E_0 le potentiel normal.

La pile est placée dans un thermostat réglé à 25°,0 ± 0,1, sa f.é.m. est mesurée par la méthode d'opposition à 0,0001 volt près; en atmosphère d'azote elle est parfaitement stable pendant plusieurs jours. Tous les produits utilisés sont purifiés soigneusement.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus.

c (mol-g/l).....	0,396.	0,100.	0,050.	0,020.	0,010.	0,005.	0,002.	0,001.
E (10^{-4} volt).........	3906	3999	4051	4137	4196	4260	4350	4418
E'_0 (10^{-4} volt).........	3787	3703	3666.	3635	3607	3580	3552	3532

Si l'on représente les variations de la quantité

$$E'_0 = E + \frac{RT}{2\mathcal{F}} \operatorname{Log} c \tag{2}$$

en fonction de la racine carrée de la force ionique $6c$, on obtient une courbe dont les points correspondant aux grandes dilutions sont, sauf le dernier, sur une droite de pente très voisine de la valeur satisfaisant à la loi limite de Debye et Hückel. L'extrapolation par la méthode de Lewis donne $E_0 = 3506 \pm 2$ (10^{-4} volt). Mais, étant donné l'incertitude due au dernier point, il est préférable de contrôler cette valeur par la méthode de La Mer. Pour cela le coefficient d'activité f_+ est calculé par la formule de Gronwall, La Mer et Greiff

$$\operatorname{Log} f_+ = \frac{-4B\sqrt{6c}}{1 + A a \sqrt{6c}} - \frac{8}{M}\left(\frac{2B}{Aa}\right)^2\left[\frac{1}{2}X_2 - Y_2\right] + \frac{16}{M^2}\left(\frac{2B}{Aa}\right)^3\left[\frac{1}{2}X_3^* - 2Y_3^*\right] + \frac{48}{M^2}\left(\frac{2B}{Aa}\right)^3\left[\frac{1}{2}X_3 - 2Y_3\right] \tag{3}$$

(où a désigne le rayon de l'ion, X et Y des fonctions connues de $6c$ et de a, et A et B des constantes respectivement égales à 25° à $0,2325.10^8$ et 0,3582) pour différentes valeurs de a et introduit dans l'expression

$$E_0 = E'_0 - \frac{RT}{2\mathcal{F}} \operatorname{Log} f_{+}. \tag{4}$$

Si l'on construit les courbes représentant les variations de E_0 en fonction de la racine carrée de la force ionique, on obtient, pour $a = 2,4$ Å, une bonne constance de $E_0(3504.10^{-4}$ volt) depuis les plus grandes dilutions jusqu'à $c = 0,01$ M environ; en tenant compte du potentiel Cd | amalgame Cd, le potentiel normal Cd | Cd^{++} est alors égal à 0,4009 volt.

Ces résultats peuvent être confrontés avec ceux déjà obtenus dans le chlorure de cadmium ([2]) et le benzène sulfonate de cadmium ([3]). Mais par suite d'une erreur numérique sur les termes en 3 de la formule ([3]), les données antérieurement calculées doivent être modifiées de la façon suivante :

dans le chlorure

$$E_0 = 0,4013 \text{ volt au lieu de } 0,3999;$$

dans le benzène sulfonate

$$E_0 = 0,3948 \text{ au lieu de } 0,3941$$

(valeur d'ailleurs très incertaine du fait de l'hydrolyse importante de la solution); dans chacun de ces deux sels, a est de l'ordre de 3 Å.

Il y a donc un très bon accord entre les résultats obtenus soit dans l'acétate, soit dans le chlorure de cadmium; par conséquent, il paraît légitime, ainsi que cela a été fait, de négliger le potentiel de jonction.

En résumé les mesures des forces électromotrices montrent que la théorie de Debye et Hückel s'applique aux solutions d'acétate de cadmium, donc que ce sel se comporte comme un électrolyte fort.

RAYONS X. — *La microradiographie par réflexion*. Note ([1]) de M. **Jean-Jacques Trillat**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Le principe de la microradiographie consiste essentiellement à radiographier un objet hétérogène de très petites dimensions et à agrandir ensuite l'image obtenue; l'idée

([2]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 123; *J. Chim. phys.*, **33**, 1936, p. 433.
([3]) *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 902; *J. Chim. phys.*, **35**, 1938, p. 305.

([1]) Séance du 1er décembre 1941.

première en revient à P. Goby (²). Pratiquement, l'objet à examiner est réduit à une épaisseur très faible (de l'ordre de quelques microns ou quelques centièmes de millimètre); la préparation est disposée au contact de l'émulsion photographique et l'ensemble est irradié par des rayons X de longueur d'onde convenablement choisie, la radiographie étant ensuite agrandie.

Cette méthode s'est développée à la suite de la mise dans le commerce d'émulsions du type Lippmann, constituées d'une seule couche extrêmement mince à grains très fins, permettant des agrandissements de l'ordre de 600 (Kodak, Gevaert). Ces émulsions sont environ mille fois moins sensibles aux rayons X que les plaques ou films radiographiques habituels.

L'emploi de ces films spéciaux a permis à A. Dauvillier (³), P. Lamarque (⁴) et F. Fournier (⁵) de faire d'intéressants travaux dans le domaine histologique ou métallurgique. Plus récemment (⁶), j'ai montré les applications que l'on pouvait tirer de cette nouvelle méthode pour l'étude des alliages légers et de certains aciers spéciaux, notamment au point de vue du contrôle des traitements thermiques, du durcissement structural, de la mise en solution solide, et d'une façon générale pour l'élaboration d'alliages nouveaux. Cette méthode, dont le champ est très vaste, est maintenant entrée dans le domaine pratique et complète très utilement la micrographie ordinaire.

En avril 1940 (⁶), j'ai signalé l'intérêt qu'il y aurait à obtenir des microradiographies à partir d'objets terminés, et sans avoir recours au procédé destructif que nécessite la préparation des échantillons; dès maintenant, les résultats des essais que j'ai entrepris dans ce sens paraissent très encourageants.

Le principe de cette méthode *par réflexion* est le suivant : soit une surface plane (de dimension d'ailleurs très petite) d'un objet constitué d'éléments de numéros atomiques nettement différents. Irradiée par des rayons X de longueur d'onde convenable, cette surface devient le siège d'une émission ondulatoire secondaire (diffusion et fluorescence) et d'une émission de photoélectrons, dont l'énergie est fonction du quantum incident et du travail d'extraction des électrons, c'est-à-dire en définitive du numéro atomique.

Le nombre de photoélectrons émis dépend, lui, de l'intensité incidente

---

(²) *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 686; 180, 1925, p. 735.

(³) *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 1287; *Rapport au IIIᵉ Congrès international de Radiologie*, 1931, p. 229.

(⁴) *Comptes rendus*, 202, 1937, p. 684; *J. de Radiologie*, 20, 1936, p. 6; *Union internationale contre le Cancer* (*Acta*, 4, 1939, p. 205).

(⁵) *Revue de Métallurgie*, 35, 1938, p. 349.

(⁶) *Revue scientifique*, 4, 1940, p. 212.

et également du numéro atomique. C'est cette émission électronique dont j'ai cherché à utiliser l'action photographique.

Pour y arriver il est nécessaire que l'émulsion sensible, appliquée énergiquement contre la surface à étudier et traversée *d'abord* par les rayons X, ne soit impressionnée *en retour* que par les photoélectrons et non par les rayons X incidents ou simplement diffusés. Il faut donc que l'émulsion présente un très faible coefficient d'absorption par rapport à ces rayons X, et d'autre part qu'elle soit impressionnée suffisamment par les photoélectrons; l'emploi des films spéciaux mentionnés plus haut répond heureusement à ce but, ainsi que j'ai pu le vérifier dans des expériences préliminaires.

L'effet peut être encore renforcé en utilisant des rayons incidents de quantum élevé (tube fonctionnant sous 100 kV ou au-dessus), leur absorption dans l'émulsion se trouvant en effet diminuée du fait de leur pénétration.

C'est ainsi par exemple que, si l'on dispose, dans un support approprié, un film Lippmann au contact d'une surface plane constituée d'anneaux concentriques d'Al et de Pb, le côté extérieur du film (sans émulsion) étant recouvert d'un papier noir, on obtient après développement un noircissement intense au regard du plomb et un noircissement très faible au regard de l'aluminium. De même, avec une plaque d'Al présentant des rainures de faible profondeur, la topographie de la plaque apparaît avec une grande netteté du fait des trajets différents effectués par les photoélectrons.

Des essais effectués avec des alliages de décolletage contenant du plomb montrent, après agrandissement, la présence de globules de ce métal; avec des alliages légers contenant des éléments lourds tels que Mn, la structure cristalline de l'alliage apparaît nettement après agrandissement et permet d'observer la répartition de ces éléments.

La netteté est cependant jusqu'ici moins grande que par le procédé habituel par transmission (microradiographie ordinaire) ([6]). Les temps de pose sont également assez considérables (de l'ordre de une heure pour un tube fonctionnant sous 180 kV, 3 mA, distance foyer-film 40^{cm}); toutefois il est permis d'espérer que moyennant certaines améliorations actuellement à l'étude, les temps de pose et la netteté seront considérablement améliorés. Bien entendu, le contact film Lippmann-surface doit être parfait; ceci est possible du fait de la petite dimension de la surface étudiée (quelques millimètres carrés).

Le grand avantage de la méthode par réflexion consiste en ce qu'elle ne nécessite pas la préparation de coupes. Elle peut s'appliquer d'ailleurs remarquablement bien à la *macroradiographie*, ainsi que nous l'avons vérifié et comme nous le montrerons dans une prochaine Note; elle permet donc d'étudier d'une façon détaillée la stucture des diverses régions d'un objet terminé, sous la réserve que celui-ci comporte des éléments de numéros atomiques nettement différents; elle ouvre de ce fait des perspectives intéressantes dans le domaine de la métallurgie.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la formation de complexes tungstotartriques.* Note de Mlles **Marguerite Cordier** et **Marcelle Murgier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons précédemment exposé [1] les résultats de nos mesures sur les mélanges des acides tartrique et métatungstique. Pour caractériser le composé droit qui semblait se former, nous avons fait des expériences en partant directement de l'acide tungstique, ou plutôt du tungstate neutre de sodium; ces expériences ont été de deux sortes. Tout d'abord à des mélanges d'acide tartrique et de tungstate de sodium de proportions déterminées on a ajouté des quantités croissantes d'acide chlorhydrique jusqu'à la demi-neutralisation du sel, et l'on a mesuré le pouvoir rotatoire de ces solutions sous 20^{cm}. Plusieurs proportions d'acide tartrique et de tungstate de sodium ont été utilisées; seules ont donné un résultat intéressant celles pour lesquelles le rapport Wo^3/TH^2 était égal ou supérieur à 1. Pour celles-ci, le pouvoir rotatoire droit est beaucoup plus grand que celui de l'acide tartrique, au moins 15 fois et jusqu'à 30 fois. Toutes ces solutions présentent une mutarotation dont l'importance croît avec la concentration en acide chlorhydrique; elle est négative et peut atteindre après plusieurs semaines 3° pour une rotation initiale de 23°. La dispersion a pour valeur moyenne 2,05, alors que celle de l'acide tartrique utilisé est 1,18, ce qui indique bien la formation d'un complexe. Le pouvoir rotatoire croît avec la concentration en acide chlorhydrique jusqu'à atteindre un maximum dont la position dépend de la constitution

[1] *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 729.

de la solution initiale; les solutions correspondant aux maxima sont :

Wo^3/TH^2........	1.	3/2.	2.
Fraction de la demi-neutralisation.......	0,5	0,8	1

Ces résultats semblent indiquer la formation d'un complexe de formule $[Wo^3T]Na^2$.

La deuxième étude a été faite suivant la méthode des variations continues; on a préparé trois solutions, Wo^4Na^2, M/10; HCl, M/5; TH^2, M/20, et l'on a mélangé ces solutions respectivement dans les proportions x^{cm^3}, x^{cm^3}, $(20-2x)$ cm^3, x variant de 0 à 10; la courbe des écarts du pouvoir rotatoire de ces solutions avec le pouvoir rotatoire de l'acide tartrique seul donne un maximum très accusé pour $x=5$, c'est-à-dire pour la proportion $Wo^3/TH^2=1$. Il était intéressant, alors qu'on avait déterminé la constitution de l'anion complexe, d'étudier sa neutralisation; dans ce but le mélange correspondant au maximum a été systématiquement additionné de quantités croissantes de soude jusqu'à la neutralisation totale; le pouvoir rotatoire de ces nouvelles solutions varie beaucoup avec la concentration en soude; il augmente d'abord, puis diminue rapidement; la courbe a un maximum très aigu correspondant à la formation du complexe $[Wo^3T]Na^2$ dont l'existence est ainsi nettement montrée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Altération du cuivre par les acides gras.* Note de M. **René Dubrisay**, présentée par M. Marcel Delépine.

J'ai exposé les résultats obtenus dans l'étude de la corrosion des métaux par les acides gras dissous dans les liquides organiques [1]. J'avais en particulier signalé qu'une lame de cuivre plongeant entièrement dans de l'eau surmontée d'une couche de benzène, de toluène ou de xylène tenant en solution de l'acide stéarique ou palmitique donnait lieu à un phénomène de corrosion se manifestant par l'apparition de sel cuivrique, vert et insoluble, à la surface de séparation des deux liquides. Ce fait surprenant *a priori*, puisqu'il n'y a aucun contact entre l'acide, insoluble dans l'eau, et le métal qui y plonge, peut s'interpréter en admettant qu'il se forme,

---

(1) *Comptes rendus*, 207, 1938, p. 1101; 210, 1940, p. 533.

par action simultanée de l'eau et des agents atmosphériques, un composé cuivrique qui n'est pas absolument insoluble dans l'eau et vient réagir sur l'acide gras dissous dans le liquide organique. Il m'a semblé utile de justifier cette interprétation et d'analyser la marche du phénomène.

I. J'avais montré que la corrosion n'avait lieu qu'en présence d'oxygène. Par contre la présence du gaz carbonique n'est pas indispensable. Soit à froid, soit à chaud, l'attaque se produit même dans des atmosphères parfaitement débarrassées de gaz carbonique, ce gaz ayant toutefois pour effet d'accélérer le phénomène ([2]).

La composition du sel cuivrique formé correspond d'ailleurs, dans le cas de l'acide stéarique, au stéarate neutre ([3]).

II. Ayant placé des tortillons de fil de cuivre électrolytique dans 20^{cm^3} de diverses solutions tampons (solutions acide acétique-acétate de sodium ou borax-acide chlorhydrique), j'ai recherché l'apparition de la réaction des ions cuivriques dans la solution. Cette apparition se manifestait au bout de temps variables, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessous ([4]).

pH.....	4,47.	4,66.	4,90.	5,28.	6,95.	7,33.	7,72.	7,80.	8,15.	8,28.	11,75.
N_1............	18	18	18	22	22	–		–	–	–	–
N_2............	20	20	20	24	24	–	–		–	–	–

N_1, nombre de jours nécessaires pour l'apparition de la réaction à l'acide rubéanique.
N_2, nombre de jours nécessaires pour l'apparition de la réaction au mercurisulfocyanure d'ammonium.

La production d'ions cuivriques en milieu neutre ou acide est donc manifeste, et plus rapide dans les milieux plus acides. L'absence de réaction dans les milieux alcalins ne prouve pas nécessairement l'absence

---

([2]) Il en est de même d'ailleurs pour l'attaque du cuivre par l'eau. Voir BENGOUGH et HUDSON, *J. Ind. Met.*, 21, 1919, p. 87, et plus loin action de l'acidité du milieu.

([3]) Le stéarate de cuivre est insoluble à froid, mais soluble à chaud dans les carbures aromatiques. On peut donc le séparer de l'excès d'acide; l'analyse conduit alors aux résultats suivants :

	g	g
Poids de produit........................	0,1500	0,1905
Acide stéarique correspondant calculé...	0,1354	0,1720
» » trouvé.....	0,1370	0,1740
Cuivre calculé..........................	0,0150	0,0190
» trouvé...........................	0,0147	0,0186

([4]) La sensibilité des réactifs est de $0^{mg},001$ pour l'acide rubéanique et de $0^{mg},003$ par centimètre cube pour le mercurisulfocyanure.

d'attaque (d'autant que le métal est terni dans ces milieux), mais peut être interprétée par une diminution de solubilité d'un hydroxyde cuivrique par la présence d'ions OH.

III. Les expériences décrites au paragraphe II ont été répétées, mais en surmontant la couche aqueuse de 2$^{cm^3}$ d'une solution de 0,5 % d'acide palmitique ou stéarique dans le xylène. On a indiqué dans le tableau ci-dessous le nombre de jours au bout duquel la coloration verte du savon cuivrique apparaît à la surface de séparation des deux liquides.

pH.....	4,47.	4,66.	4,90.	5,28.	6,95.	7,33.	7,72.	7,80.	8,15.	8,28.	11,75.
N_1............	39	39	32	15	3	3	3	6	6	6	–
N_2............	36	32	32	15	3	3	3	6	6	6	–

N_1, nombre de jours nécessaires à l'apparition du sel cuivrique dans le cas de l'acide stéarique. N_2, dans le cas de l'acide palmitique.

La formation de savon cuivrique se manifeste donc d'abord dans les milieux neutres ou très faiblement alcalins, puis dans les milieux plus acides. Dans ces derniers, le phénomène est compliqué du fait de la décomposition de stéarate ou palmitate cuivrique par l'acidité du milieu aqueux, ce qui explique que dans les milieux de pH 4,47 et 4,66 la formation du palmitate précède celle du stéarate ([5]).

Les indications portées dans le tableau ci-dessus ont été complétées par la recherche qualitative du cuivre existant dans la phase aqueuse sous la couche xylénique. La coloration à l'acide rubéanique apparaissait au bout de 15 jours dans les solutions dont les pH varient de 4,47 à 5,28 et au bout de 21 jours dans le tampon 6,95. A cette date, la coloration bleue de l'eau céleste se manifestait même par addition d'ammoniaque, ce qui revient à dire que la concentration en ions cuivriques était au minimum de 0^{mg},5 par centimètre cube au lieu de 0^{mg},003 dans les expériences faites en l'absence d'acides gras et décrites au paragraphe I.

Ceci peut s'expliquer par le fait qu'intervient ici non plus seulement la solubilité d'un hydroxyde cuivrique, mais aussi celle du palmitate ou du stéarate.

([5]) Au bout de 57 jours, en recueillant le mélange d'acide gras et de savon cuivrique existant au-dessus des tampons de pH 4,66 et en y dosant le cuivre par colorimétrie, on en trouvait 2^{mm} dans le cas de l'acide palmitique, et moins de 1^{mg} avec l'acide stéarique.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action du chlore sur les oxydes métalliques anhydres à la température ordinaire.* Note (¹) de M. **Paul Pierron**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'attaque des oxydes métalliques anhydres par le chlore exige un broyage continu pendant toute sa durée. Elle est très lente et dure plusieurs semaines, sauf s'il s'agit d'oxyde mercurique ou d'argent, pour lesquels elle est au contraire très rapide.

L'appareil est constitué par un tube de verre à fond rond de 10^{cm} de longueur, dans lequel on place 2 ou 3^{g} de l'oxyde à traiter, et deux petits agitateurs de 3 ou 4^{cm} de longueur, qui serviront de pilons; l'ensemble est mis en communication avec une source de chlore sec et monté sur une machine à agiter, de bas en haut.

Au bout de 23 jours, l'oxyde de sodium et l'oxyde de lithium ont fixé 50 % de la quantité théorique de chlore; dans les autres cas (oxydes alcalino-terreux, oxyde de zinc, de cadmium), cette proportion est de l'ordre de 10 à 20 %.

Les oxydes d'argent et de mercure réagissent cependant en deux ou trois heures complètement.

Le mélange obtenu contient le chlorure et parfois des corps oxydants qui sont le chlorate, l'hypochlorite, le peroxyde de chlore.

Le pouvoir oxydant total est toujours inférieur à celui qui correspondrait à celui du chlore fixé. Dans le cas de l'attaque de l'oxyde de sodium, il est dû par moitié à du peroxyde et par moitié à du chlorate (avec des traces d'hypochlorite). Avec l'oxyde de baryum, il est exclusivement dû à du peroxyde et sa valeur est inférieure de 80 % à celle qui correspond au chlore fixé. Avec tous les autres oxydes, ce pouvoir oxydant est nul et l'on n'obtient que du chlorure.

L'étude de l'atmosphère gazeuse ayant servi à l'attaque, a révélé la présence d'anhydride hypochloreux dans deux cas : celui de l'oxyde mercurique et celui de l'oxyde de cadmium. Avec le premier, l'anhydride se dégage rapidement, en quelques minutes, apparition nettement marquée par la couleur orange de l'atmosphère gazeuse de réaction qui disparaît au bout d'une heure ou deux de contact avec les produits solides

(¹) Séance du 1er décembre 1941.

obtenus. Avec le second, l'anhydride hypochloreux obtenu peut rester plusieurs mois au contact des produits de l'attaque, sans être altéré.

Or une étude (²) relative à l'action de l'anhydride hypochloreux et du chlore sur les hypochlorites solides a démontré :

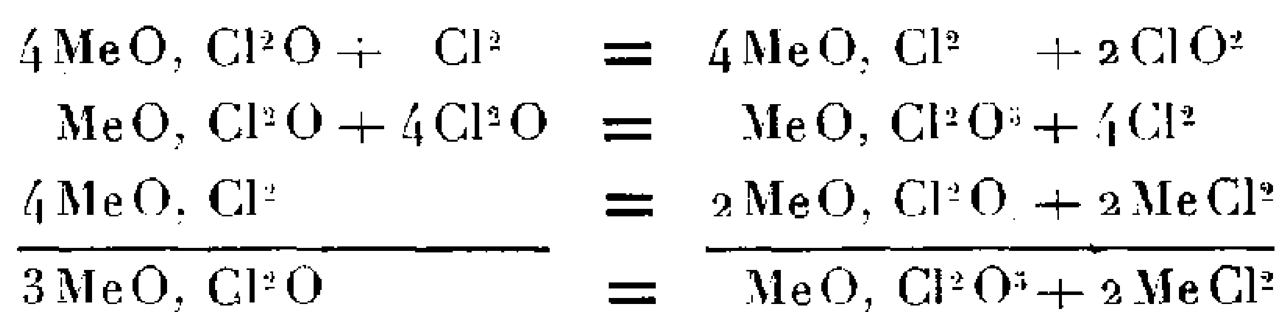
1° que les hypochlorites se transformaient en chlorate en présence de l'anhydride hypochloreux, d'après la réaction



$$\mathrm{MeO, Cl^2O + 4Cl^2O = MeO, Cl^2O^5 + 4Cl^2},$$

et que cette réaction, facile avec le sel de sodium, devenait de plus en plus lente quand on passait au sel de baryum, puis de strontium, de lithium et de calcium;

2° que le chlore transformait catalytiquement en chlorate l'hypochlorite de sodium, d'après la réaction



$$\begin{array}{lcl} \mathrm{4MeO, Cl^2O + Cl^2} & = & \mathrm{4MeO, Cl^2 + 2ClO^2} \\ \mathrm{MeO, Cl^2O + 4Cl^2O} & = & \mathrm{MeO, Cl^2O^5 + 4Cl^2} \\ \mathrm{4MeO, Cl^2} & = & \mathrm{2MeO, Cl^2O + 2MeCl^2} \\ \hline \mathrm{3MeO, Cl^2O} & = & \mathrm{MeO, Cl^2O^5 + 2MeCl^2} \end{array}$$

qu'il transformait l'hypochlorite de calcium en chlorure; qu'il donnait, avec les hypochlorites des autres oxydes alcalins ou alcalinoterreux, les deux réactions en même temps, et dans un rapport proportionnel à la basicité de l'oxyde correspondant.

3° Que l'anhydride hypochloreux à l'état naissant peut réagir sur les hypochlorites en donnant du peroxyde, quand ceux-ci sont assez exothermiques (K^2O^2, Na^2O^2, BaO^2).

Or ces faits expliquent parfaitement les résultats expérimentaux qui sont rapportés dans cette Note, si l'on admet que le premier stade de l'attaque est la réaction



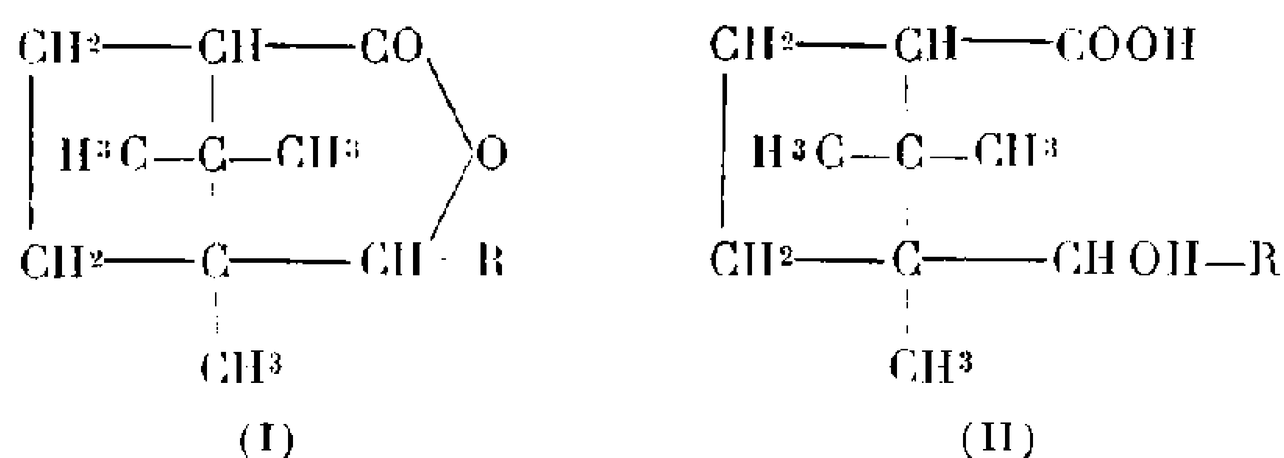
$$\mathrm{2MeO + 2Cl^2 = MeO, Cl^2O + MeCl^2}.$$

La possibilité de formation du peroxyde au détriment de l'anhydride hypochloreux explique l'absence, presque générale, de ce gaz dans l'atmosphère de réaction. Comme les peroxydes réagissent sur les hypochlorites en dégageant de l'oxygène, cela explique que leur existence n'a souvent été que transitoire.

(²) P. PIERRON, Communication à la *Société chimique de France*, section de Lyon, en mars 1941, actuellement sous presse au *Bulletin*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de la formation d'anhydride ou de lactone sur le pouvoir rotatoire des diacides ou des acides-alcools dérivés du camphre droit.* Note de M. **Jean Vène**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avions fait la remarque (¹) que toutes les β-campholides monosubstituées, de formule générale (I), (R pouvant être C^nH^{2n-1}, C^6H^5,



$CH^2.C^6H^5$, COOH, CN, $CONH^2$) et dérivant du camphre droit, possédaient un pouvoir rotatoire négatif, tandis que les acides-alcools (II), qui dérivent de ces campholides par addition d'une molécule d'eau ouvrant le cycle lactonique, possédaient un pouvoir rotatoire positif.

Nous avons depuis préparé de nouveaux corps de ces types, auxquels cette remarque peut également être appliquée. Nous avons alors cherché à savoir si cette influence de la cyclisation par formation de lactone (entre fonctions acide et alcool) ou d'anhydride (entre fonctions acides) était générale.

Nos investigations, consistant en une comparaison systématique des pouvoirs rotatoires actuellement connus de tous les composés appartenant à ces types (au nombre d'environ quarante), nous ont conduit à la règle suivante :

Le pouvoir rotatoire d'une lactone ou d'un anhydride à noyau camphocéane (²), *substitué ou non par des éléments halogènes et issu du camphre droit, est inférieur en valeur algébrique à celui de l'acide-alcool ou du diacide dont il dérive.* Nous n'avons pas trouvé d'exception à cette règle.

Pratiquement, les lactones (campholides) et les anhydrides ont un pouvoir rotatoire négatif, tandis que les acides-alcools et les diacides correspondants ont un pouvoir rotatoire positif; la seule exception est celle

(¹) *Ann. de Chimie*, 11ᵉ série, 10, 1938, p. 274.

(²) Adoptant la proposition de Bredt, nous appelons *camphocéane* le noyau C^8H^{14} dérivant du triméthyl-1.2.2 cyclopentane figurant dans la formule du camphre.

de la β-campholide non substituée, dont le pouvoir rotatoire est positif; il est toutefois, conformément à la règle ci-dessus exprimée, nettement inférieur à celui de l'acide β-hydroxy-β-campholique dont elle dérive,

Le tableau comparatif d'ensemble de ces pouvoirs rotatoires sera publié ailleurs. Nous indiquerons seulement ici que la différence entre les pouvoirs rotatoires des acides-alcools ou des diacides d'une part et ceux des campholides ou des anhydrides correspondants d'autre part est, dans la plupart des cas, de l'ordre de 100°.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure de la partie nord-ouest du massif du Pelvoux.* Note (¹) de M. **Pierre Bellair**, présentée par M. Charles Jacob.

La feuille de Briançon au 80000° (²) porte mention de petits synclinaux de Lias et de Trias, disséminés dans le massif cristallin du Pelvoux, sous la forme d'amandes ou d'enclaves de dimensions parfois très restreintes (col de la Lauze, Champhorent, brèche de Valsenestre, Rif du Sap).

Un seul de ces synclinaux a des dimensions beaucoup plus considérables : c'est celui qui, du Freney d'Oisans, va jusqu'à Villard Loubière, en passant par Venosc, le col de la Muselle et la Désert en Valjouffrey. Son importance tectonique est également beaucoup plus grande : il sépare deux unités tectoniques distinctes, la prolongation des Grandes Rousses d'une part, le massif du Pelvoux *s. s.* d'autre part, et aussi deux ensembles pétrographiques différents. La première unité est caractérisée par des amas abondants de roches syénitiques et des bancs quartziteux qui ne semblent pas exister dans le massif du Pelvoux proprement dit, où les enclaves sont plutôt monzonitiques.

Parmi les amandes synclinales, deux sont totalement isolées dans l'intérieur du massif : celle du col de la Lauze, et celle de Champhorent. Elles jalonnent deux anciens synclinaux dont la continuité a été détruite par l'érosion. Celle-ci peut cependant se rétablir grâce à des considérations d'ordre pétrographique.

I. Le synclinal de la Lauze montre une prolongation évidente dans le massif Plaret-Rouget. Dans cette zone, la carte note un chapeau de schistes cristallins occupant

(¹) Séance du 1ᵉʳ décembre 1941.

(²) Deuxième édition, 1933. Les contours de la première édition, dus à M. P. Termier, ont été conservés pour la partie qui nous intéresse ici.

sensiblement la ligne faîtière d'abord N-S, puis NW-SE de la Gandolière à la Tête du Rouget. Or l'examen détaillé de cette bande de gneiss montre deux particularités importantes :

a. La terminaison méridionale présente l'aspect, non d'un chapeau, mais d'un coin très aigu, se terminant en pointe dans la face sud-ouest du Rouget.

b. En bien des points (Roche Blanche, Pic Gény, Rouget), le contact granite-schistes cristallins est brutal, sans terme de passage. D'un gneiss franc à patine rouge, on passe brusquement à un granite très leucocrate à aspect d'anatexite et, au contact, les roches sont fréquemment écrasées (sommet du Rouget, Plaret).

L'axe de ce coin schisteux est exactement dans le prolongement du synclinal de la Lauze. Il est également dans le prolongement de la vallée du Vénéon en amont de la Bérarde. Plus au Sud la trace de ce synclinal se perd dans la zone fortement écrasée bien visible dans l'arête qui sépare les glaciers de la Pilatte et du Sélé.

En définitive, le synclinal de la Lauze a une importance beaucoup plus grande que ne le laisse supposer la carte, et l'on en suit les racines sur de nombreux kilomètres, où il détermine le tracé de la haute vallée du Vénéon.

2. Le synclinal de Champhorent (nom que j'adopte, faute d'une indication locale plus précise) est de dimensions encore plus restreintes. Lié à une faille, avec zone de broyage bien visible sur la route de la Bérarde au voisinage du hameau de Champhorent, il amène en ce lieu gneiss et granite en contact direct. La faille se prolonge loin vers le Sud sur le versant droit de la vallée de la Lavey. Vers le Nord, cette dislocation se rattache sans doute au système des coins synclinaux de Jandri. La direction est sensiblement N-S.

Ainsi, dans la partie nord du massif du Pelvoux, apparaît nettement une découpure du massif cristallin en fragments, séparés originellement par des paquets de sédimentaire, dont il ne reste à l'heure actuelle que des témoins insignifiants. Le pendage des lignes de fractures est d'autant plus voisin de la verticale que l'on est plus près du fond du coin synclinal; par suite, dans les abaissements d'axe, on observe invariablement un déversement vers l'Ouest pouvant aller jusqu'au chevauchement.

La signification tectonique de ces lignes de fracture dépasse leur intérêt cartographique. Il ne faut pas les considérer comme des failles simples, mais comme de véritables plans de chevauchement. L'érosion a détruit la quasi-totalité des écailles que ces plans séparaient pour ne laisser subsister que leurs racines subverticales, souvent à peine discernables en raison de la similitude des formations pétrographiques.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Présence de tocophérol dans l'huile de ricin. Titre de l'huile en cette vitamine.* Note de M. **Jean Langlois**, présentée par M. Maurice Javillier.

M. Furter et R. E. Meyer ont trouvé que le tocophérol (vitamine E) donne avec l'acide nitrique fumant une coloration rouge. Ayant observé que l'huile de ricin donne avec ce réactif une coloration rose ([1]), ils ont attribué cette coloration à la présence d'une certaine quantité de vitamine E dans cette huile.

Au cours de recherches sur les huiles végétales, j'ai observé de mon côté que le réactif d'oxydation quantitative du tocophérol décrit par P. Meunier et A. Vinet ([2]) (ferricyanure ferrique en solution alcoolo-chloroformique) fournit instantanément une coloration bleue avec quelques gouttes d'huile de ricin. En raison de la solubilité de cette huile dans l'alcool, il est possible de faire directement un dosage colorimétrique. La réduction est achevée en 15 secondes. Le pouvoir réducteur de diverses huiles de ricin commerciales ou préparées au laboratoire est, exprimé en tocophérol, de 0,8 à 1,1 ‰.

Ce pouvoir réducteur se concentre dans la fraction de l'huile soluble dans l'éther de pétrole froid. 50^{g} d'huile sont dissous dans 250^{cm^3} d'éther de pétrole bouillant; la solution portée à la glacière se sépare en deux phases; la phase éthéropétrolique évaporée laisse $3^{g},28$ d'huile, dont le pouvoir réducteur est 4,75 fois celui de l'huile initiale.

La fraction non stérolique de l'insaponifiable est bien plus réductrice encore. 100^{g} d'huile de ricin sont saponifiés au bain-marie bouillant par la potasse méthylique pendant 20 minutes; l'insaponifiable est extrait à l'éther, l'éther distillé, le résidu repris par 50^{cm^3} d'éther de pétrole bouillant; la solution maintenue une nuit à la glacière laisse cristalliser la majeure partie des stérols qui sont séparés par filtration; la solution évaporée laisse 275^{mg} d'un liquide jaune d'or.

Ce résidu, titré colorimétriquement par la réaction au ferricyanure ferrique, correspond à 59^{mg} de tocophérol, soit, si le pouvoir réducteur est attribuable au tocophérol, une richesse remarquable de 21,6 % en vitamine E pour l'insaponifiable purifié.

([1]) M. Furter et R. E. Meyer, *Helv. Chim. Acta*, **22**, 1939, p. 240.
([2]) *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 611.

Le pouvoir réducteur est bien dû au tocophérol. En effet, les cinétiques de réduction du ferricyanure ferrique par le tocophérol et par l'insaponifiable d'huile de ricin sont identiques. Dans les deux cas, le pouvoir réducteur est fortement diminué après chauffage en milieu alcalin et disparaît après acétylation ([3]), ([4]). Comme le tocophérol, l'insaponifiable purifié donne, avec l'acide nitrique fumant, une teinte rose, naturellement plus intense que celle observée par Furter et Meyer pour l'huile de ricin elle-même ([4]).

L'allure de la courbe d'absorption de l'insaponifiable purifié, en solution au millième dans le méthanol, est la même que celle du tocophérol ([5]) : bande à $294^{m\mu}$, minimum à $260^{m\mu}$. L'oxydation par le ferricyanure ferrique fait disparaître la bande à $294^{m\mu}$ et apparaître une bande beaucoup plus intense vers $270^{m\mu}$, de même que l'oxydation du tocophérol par le nitrate d'argent, le chlorure ferrique, le chlorure d'or ([5]), ([6]).

Nous attribuons, dès maintenant, à la présence du tocophérol (en moyenne 1 °/₀₀), le pouvoir réducteur de l'huile de ricin sur le réactif au ferricyanure ferrique. Il est remarquable de voir cette huile, dont la masse provient de l'albumen ([7]), être si riche en vitamine E.

Nous nous sommes demandé si l'huile de germe serait plus riche encore. 125 embryons de ricin, soigneusement isolés, pesant 250^{mg}, ont fourni 120^{mg} d'huile, titrant 0,9 °/₀₀ de tocophérol. L'huile d'embryon n'est donc pas plus riche que celle de la graine entière.

MICROBIOLOGIE. — *Sur un nouveau milieu de culture pour l'obtention des toxines microbiennes; application à la production de la toxine diphtérique et de la toxine staphylococcique, en vue de la préparation des anatoxines correspondantes.* Note ([1]) de M. **Gaston Ramon**, Mlle **Germaine Amoureux** et M. **Jacques Pochon**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Poursuivant nos recherches sur la préparation économique des bouillons de culture destinés à l'obtention des toxines microbiennes ([2]), nous avons

([3]) P. Karrer et H. Keller, *Helv. Chim. Acta*, **22**, 1939, p. 259.
([4]) P. Meunier et A. Vinet, *Ann. Chim. Anal.*, **23**, 1941, p. 145.
([5]) H.-M. Evans, O.-H. Emerson et G.-A. Emerson, *J. Biol. Chem.*, **113**, 1936, p. 319.
([6]) P. Karrer et A. Geiger, *Helv. Chim. Acta*, **23**, 1940, p. 455.
([7]) On sait que la vitamine E a été trouvée dans l'huile *de germe* de blé.

([1]) Séance du 24 novembre 1941.
([2]) G. Ramon et G. Amoureux, *Comptes rendus*, **211**, 1940, p. 304.

étudié un milieu à base d'une digestion de viande de cheval au moyen de la papaïne (extraite du latex de *Carica papaya*) [3].

Au cours d'une centaine d'essais effectués dans les conditions les plus variées, nous avons établi, en premier lieu, plusieurs formules types de ce milieu spécialement adaptées à la production, en quantités importantes, de la toxine diphtérique et aussi de la toxine staphylococcique. Nous donnerons ici l'une de ces formules dont les autres ne diffèrent que par des variantes de détail.

La viande de cheval dont nous nous servons est une viande impropre à l'alimentation de l'homme; elle provient soit de chevaux producteurs de sérum, sacrifiés pour des raisons diverses, soit d'animaux saisis aux abattoirs.

4^{kg} de viande de cheval, dégraissée et hachée, sont mis dans 18^{l} d'eau (soit 225^{g} par litre) préalablement portée à 50°, en cuve de porcelaine. Le mélange est chauffé au bain-marie et quand la température atteint à nouveau 50°, on ajoute 36^{g} (soit 2^{g} par litre) de papaïne (titre 80). La réaction du mélange, sans addition de soude ou d'acide, se trouve être dans une zone de pH favorable à l'action de la papaïne. On chauffe alors de telle sorte que la température s'élève à 85° en 1 heure. On assiste, entre 65 et 70°, à une disparition presque totale de la viande en suspension. Le liquide est alors siphonné, filtré sur papier *mou*, amené à pH 8,4, additionné de 10 °/₀₀ de levure fraîche de boulangerie [4], chauffé pendant un quart d'heure à 90° et filtré sur papier *dur*; il est parfois nécessaire de repasser à plusieurs reprises sur le même filtre jusqu'à ce que le liquide soit clair; on vérifie la réaction du bouillon qui est alors additionné de 5 °/₀₀ d'acétate de sodium [5], réparti en ballons de Fernbach de 2^{l} à raison de 500^{cm^3} de liquide par ballon, et stérilisé à l'autoclave à 112° pendant 30 minutes.

On ajoute aseptiquement, dans chaque ballon, une solution stérile contenant $1^{g},25$ de glucose [6] et 3^{g} de maltose (sous le volume de 15^{cm^3}). Après ensemencement avec la souche des bacilles diphtériques *Américaine n°* 8, le milieu est maintenu à l'étuve à 34°-35° pendant 12 jours.

Après filtration des cultures sur bougie L_3, la richesse en toxine diphtérique des filtrats ainsi obtenus est appréciée au moyen de la réaction de floculation; elle est très généralement comprise dans nos essais entre 40

---

(3) C'est la pénurie actuelle d'estomacs de porc, de pepsine et de trypsine qui nous a incités à recourir à la papaïne dont les propriétés fermentatives très actives sont bien connues et dont nous possédons un certain stock.

(4) SPRONCK, *Annales Institut Pasteur*, 12, 1898, p. 701; PAUL BORDET, *Annales Institut Pasteur*, 61, 1938, p. 618.

(5) G. RAMON et A. BERTHELOT, *C. R. Soc. de Biologie*, 110, 1932, p. 530.

(6) G. RAMON, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 718.

et 50 unités ([7]), valeur comparable à celle des meilleures toxines préparées à l'heure présente à partir du milieu à base d'hydrolyse pepsique de panses de porc (peptone Martin). Le pouvoir toxique de ces filtrats est tel qu'ils renferment au centimètre cube de 3500 à 4500 doses mortelles pour le cobaye de 250^g.

La toxine staphylococcique que nous avons préparée avec la collaboration de P. Mercier, à l'aide du même bouillon (sans sucres, ni acétate), titre en moyenne 10 unités au centimètre cube.

L'analyse chimique d'un bouillon obtenu d'après la formule type que nous venons de faire connaître nous a révélé les caractéristiques suivantes : extrait sec $0^g,40$ par litre; azote total $4^g,5$ par litre; azote aminé 1^g par litre.

Le nouveau milieu ainsi mis au point, en partant de la digestion papaïnique de viande de cheval, est d'une préparation facile, rapide, d'un prix de revient très réduit, alors que le milieu Martin à base d'autodigestion d'estomacs de porc et de macération de viande de veau, presque exclusivement employé jusqu'ici en France pour la production de la toxine diphtérique, exige des manipulations lentes et nombreuses (24 heures de digestion à 46-48°, plusieurs décantations à 48 heures d'intervalle, deux chauffages à 80-95°, etc.) et l'addition d'acide chlorhydrique, de soude, d'extrait de viande de veau etc. ([8]); il revient, dans ces conditions, à un prix relativement élevé, sans compter les difficultés actuelles de sa préparation.

Notre milieu peut donc être substitué, avantageusement et surtout économiquement, au milieu Martin, pour l'obtention des toxines microbiennes, et en particulier pour la production de grandes quantités de toxine diphtérique nécessaire à la préparation de l'anatoxine, destinée elle-même à la pratique, maintenant généralisée, de la vaccination antidiphtérique.

Un tel milieu convient en outre pour de nombreux usages en bactériologie. Les recherches entreprises à son sujet pouvant servir de base pour l'étude et pour la production industrielle, à bon marché, de peptones, offrant des degrés très variés de dégradation.

([7]) Des essais actuellement en cours nous indiquent que cette valeur pourra être sensiblement dépassée.

([8]) Voir G. Loiseau et M. Philippe, *Annales Institut Pasteur*, 62, 1939, p. 469. Voir également G. Ramon, *Revue d'Immunologie*, 5, 1939, p. 385.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Recherches expérimentales sur la peste. L'infection du Pou de l'Homme*, Pediculus corporis *de Geer*. Note (1) de MM. **Georges Blanc** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Émile Roubaud.

En 1903 M. Herzog (2) observe des Bacilles pesteux dans les Poux de tête d'un malade. En 1914, N. H. Swellengrebel et L. Otten (3), inoculant à des cobayes des poux prélevés dans des vêtements de cadavres et d'habitants de maisons pesteuses obtiennent 7 résultats positifs sur 9. En 1915, O. L. L. de Raad (4), dans 5 expériences, infecte 100 % des cobayes inoculés avec des Poux de tête ayant piqué des pesteux septicémiques. Sukneff (5), en 1922, trouve infectés des Poux qu'il recueille sur un cadavre de pesteux. Enfin, Tsurumi et ses collaborateurs (6), en 1923, parviennent, après plus de 20 essais infructueux, à infecter un cobaye en déposant, sur lui, 100 poux qu'ils avaient, au préalable, mis à piquer sur un cobaye pesteux.

Bien que ces observations présentassent un intérêt suffisant à justifier de nouvelles recherches, aucun travail n'a été, dans la suite, publié sur cette question; le Pou, parasite strict de l'Homme, sans liaison possible avec aucun des réservoirs de virus connus de la peste, ne pouvait, en effet, présenter d'intérêt aux yeux d'épidémiologistes, qui, pour la plus grande part, niaient l'existence d'une transmission interhumaine.

Au cours d'une épidémie de peste bubonique sévissant dans la région des Aït Imour, au sud-ouest de Marrakech, nous avons pu faire une prospection qui nous a fourni quelques faits intéressants et permis d'entreprendre un certain nombre d'expériences sur le mode de transmission de la maladie. Dans cette Note nous exposons succinctement les résultats obtenus avec le Pou de l'Homme, *Pediculus corporis*.

1° *Infection naturelle du Pou*. — Des lots de poux, recueillis dans les vêtements de malades ou de cadavres, ont été broyés dans quelques centimètres cubes d'eau physiologique et inoculés sous la peau de l'abdomen de cobayes ou de rats blancs.

(1) Séance du 17 novembre 1941.

(2) *Bureau of Govern. Laborat.*, Manilla, 23, 1904, p. 149.

(3) *Zbl. Bakt.*, *Origin.*, 74, 1914, p. 592.

(4) *Mededeel. v. d. burg. geneesk. Dienst Ned. Ind.*, 4, 1915, p. 39.

(5) *Publ. École Méd. Karbine*, 1, 1922, p. 213.

(6) M. Tsurumi, C. Hara, M. Imai, T. Awoki et T. Sakamoto, *Jap. Med. World*, 1923, pp. 153 et 181.

Dans toutes les expériences positives, ces animaux sont morts de peste, de 3 à 8 jours après l'inoculation, en présentant les réactions classiques : placard séro-sanglant sous la peau de l'abdomen, adénites inguinale et axillaire, splénomégalie avec abcès, parfois infection pesteuse nodulaire des poumons ou du foie. Toutes les souches ainsi isolées furent vérifiées par culture et passage.

Cinq expériences portant sur des lots de 9, 44, 55, 80 et 100 poux, récoltés dans les vêtements de pesteux buboniques qui, par la suite, guérirent de leur maladie et dont l'hémoculture n'a pas permis d'isoler le germe, ont été négatives.

Trente-trois expériences sur des lots de 13 à 450 poux recueillis dans les vêtements de pesteux agonisants (2) ou morts (31) ont été positives. Dans tous les cas, sauf deux, la recherche du bacille pesteux par hémoculture ou simple examen de frottis faits avec la pulpe du foie recueillie par ponction, avait été positive.

2° *Durée de l'infection du Pou.* — Des lots de poux recueillis sur des cadavres sont conservés dans des tubes de Borrel fermés par une soie à bluter; chaque jour, ces poux sont nourris à trois reprises (matin, midi, soir) sur un volontaire guéri de peste bubonique.

Entre temps, les tubes sont mis à l'étuve à 24°. Des poux, ainsi conservés pendant 7 jours, ont infecté des cobayes.

3° *Virulence des déjections.* — Les déjections récoltées sont pesées, puis diluées dans quelques centimètres cubes d'eau physiologique et inoculées sous la peau de cobayes ou de rats blancs.

Six expériences sur six, portant sur 2^{mg} de déjections, ont été positives. La virulence se conserve pendant au moins neuf jours.

4° *Résistance du virus.* — Des poux morts ont été conservés à l'air libre, à la température du laboratoire (16°). Ces poux se sont montrés infectants, trois fois après 48 heures, une fois après 6 jours, une fois après 7 jours, une fois après 10 jours.

5° *Transmission par piqûre.* — Trois lots de poux, au total 75, recueillis sur des cadavres, nourris ensuite pendant 5 à 7 jours sur un bubonique guéri, furent déposés sur la peau épilée (non rasée) de l'abdomen d'un cobaye. Ces poux se gorgèrent rapidement et furent, aussitôt après, broyés et inoculés à des cobayes qui tous réagirent.

Le cobaye piqué fit une peste expérimentale typique, après une incubation de 7 jours. A l'autopsie, on trouvait, en plus de lésions viscérales très importantes et typiques de l'infection pesteuse, des adénites inguinale

et axillaire et, sous la peau, au niveau des piqûres, une réaction du même type que celle observée à la suite des inoculations sous-cutanées. Culture et passages confirmèrent l'authenticité de cette souche.

Résumé. — 1° Le Pou de l'Homme s'infecte pratiquement toujours sur les malades à la période agonique, au moment de la septicémie pesteuse.

2° Le Pou reste infecté pendant 7 jours au moins.

3° Les déjections du Pou infecté sont virulentes.

4° Les Poux infectés peuvent transmettre la peste.

M. **Frédéric Diénert** [1] adresse une Note intitulée *Au sujet des relations entre une rivière et une galerie filtrante latérale.*

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.

---

[1] Séance du 10 novembre 1941.

ERRATA.

—

(Séance du 10 novembre 1941.)

Note de M. *Roger Pajeau*, Condensation du cyclohexène avec quelques dérivés benzéniques halogénés :

Page 657, ligne 11, *au lieu de* 200°, *lire* 280°.

(Séance du 24 novembre 1941.)

Note de MM. *Marc Raucourt* et *Henri Guérin*, Sur les propriétés antidoryphoriques des arséniates alcalinoterreux :

Page 746, note (5), *au lieu de* M. Raucourt et H. Dégué, *lire* M. Raucourt et H. Bégué.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

LUNDI 15 DÉCEMBRE 1941.

FUNÉRAILLES

DE

M. ÉMILE PICARD.

Le 11 décembre 1941 s'est éteint M. **Émile Picard**. Ses funérailles ont eu lieu le matin du 15 décembre.

Sur le parvis de l'église Saint-Germain-des-Prés, M. **Alfred Lacroix** donne lecture du télégramme suivant adressé par M. **Jérôme Carcopino**, Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale et à la Jeunesse :

Veuillez offrir à Madame Picard et à ses enfants l'hommage de mes vives condoléances.

La mort de M. Émile Picard, qui met en deuil la Science française, sera ressentie à la Sorbonne et à l'École Normale qui s'enorgueillissaient de son enseignement et elle m'afflige au souvenir de la bienveillance qu'il voulait bien me témoigner personnellement.

puis il prend la parole en ces termes :

Madame, Messieurs,

Une brillante et précieuse lumière vient de s'éteindre. La Science française est en deuil. **Émile Picard**, l'un de ses plus illustres mathématiciens, doyen d'élection de tous les Membres de l'Institut de France, n'est plus.

Son désir avait été qu'aucun discours ne fut prononcé à ses obsèques.

Monsieur le Secrétaire d'État, les siens, ses Confrères et ses Collègues, ses élèves et ses amis ne sauraient se faire à l'idée de le voir les quitter

pour toujours sans que soient prononcées ici quelques paroles de regret, de souvenir, suprême adieu, dernier témoignage de respect, d'admiration, de reconnaissance et d'amitié.

Ayant partagé affectueusement avec lui, pendant vingt-quatre ans, la lourde charge qui incombe aux Secrétaires perpétuels de l'Académie des Sciences, je dois répondre à ce devoir.

La carrière d'Émile Picard a été belle entre toutes; elle fut une suite ininterrompue de succès qui n'ont rencontré aucun écueil. Avec une rapidité sans pareille, il a escaladé les plus hauts sommets et n'est plus jamais redescendu dans la plaine.

Ses dons mathématiques se sont dévoilés de bonne heure. A 18 ans, il est reçu second à l'École Polytechnique et premier à l'École Normale, où il entre sur le conseil de Pasteur. Quand il en sort, il est déjà docteur ès sciences et premier agrégé.

Il débute comme chargé de cours à la Faculté des sciences de Toulouse, à l'âge de 23 ans. A 30 ans, il est pourvu d'une chaire magistrale à la Sorbonne, où désormais se déroulera toute sa vie dans trois chaires successives, dont la dernière fut celle d'un autre géomètre illustre qui lui était doublement cher.

Son œuvre scientifique est si remarquable qu'il est déjà classé au nombre des premiers géomètres de France. Trois ans plus tard (1889), il est élu Membre de l'Académie des Sciences.

Depuis lors, sans trève, ses travaux, ses découvertes se succèdent, faisant de lui un des plus grands mathématiciens de son temps, augmentant sans cesse durant un demi-siècle le lustre d'une réputation universelle qui lui ouvre les portes de toutes les Académies mondiales.

Une foule de jeunes mathématiciens se presse autour de lui, venus non seulement de toutes les provinces de France, mais des pays les plus lointains; il acquiert ainsi une influence considérable sur le développement des méthodes mathématiques et du goût pour les recherches qui s'y rattachent. Aucun de ses élèves, quel que soit son âge, n'a perdu le souvenir de l'admiration et de l'enthousiasme soulevés par les qualités de cet enseignement débordant de vie, de clarté, d'éloquence et de profondeur. Tous goûtaient particulièrement le talent de ce maître, d'une aussi exceptionnelle distinction, dans l'art de modeler ses pensées pour les rendre persuasives et suggestives.

La nouvelle de sa mort restera pour eux pleine de regrets.

Un même enthousiasme suivit Émile Picard au cours de son long professorat à l'École Centrale des Arts et Manufactures et à l'École Normale Supérieure de Sèvres.

Dominant l'ensemble des sciences mathématiques et physiques, il n'était pas prisonnier des théories pures. Aucune de leurs applications ne lui était indifférente. Une curiosité toujours en éveil, servie par une lecture éclectique jamais lassée, éprise de toutes les nouvelles scientifiques, et une mémoire fidèle avaient fait de lui un érudit capable de jeter des regards pénétrants sur des horizons aussi vastes que variés.

L'universalité de son esprit l'attirait aussi vers la philosophie et encore sur tout ce qui est beau. Il aimait les lettres anciennes, aussi bien que les modernes. Il les prisait pour leur forme autant que pour le fond, et c'était sa coquetterie.

Tant de belles qualités faisaient de lui un homme de commerce séduisant et sympathique, aussi nul ne fut surpris le jour où l'Académie française lui ouvrit ses portes comme au meilleur représentant de la Science alliée à cette élégance et cette finesse qui sont encore pour nous le charme de ses grands prédécesseurs du XVIIe et du XVIIIe siècle.

En terminant, je veux souligner, au nom de l'Académie des Sciences, sa profonde gratitude pour tout ce qu'elle doit à celui qu'en 1917 elle avait, à l'unanimité, choisi comme *Secrétaire perpétuel pour les sciences mathématiques*. Elle n'oubliera pas qu'il a contribué à sa prospérité par la conscience et l'habileté avec lesquelles il a rempli son rôle délicat, et aussi par l'éclat de son nom brillant au dehors autant qu'au dedans de notre Pays.

L'ensemble des Académies de l'Institut de France se souviendra aussi des services rendus par notre Confrère pendant les 31 ans où il a siégé dans sa Commission administrative.

Enfin, nous devons admirer le dévoûment avec lequel il a dirigé la Société de secours des Amis des Sciences, qui soulage les misères de tant de familles d'hommes de science, trahis par le sort.

La vie intellectuelle d'Émile Picard a donc été consacrée tout entière à la recherche scientifique largement comprise, à l'enseignement mathématique s'appuyant sur une œuvre personnelle admirable, et enfin au culte de tout ce qui n'est pas étranger aux choses de l'esprit.

Sous le ciel sombre qui nous couvre à l'heure présente, au moment de la définitive séparation, nous pouvons proclamer qu'il ne fut pas seulement un savant illustre, mais aussi un Sage, et qu'il avait le droit d'être fier d'avoir mérité et reçu tous les honneurs qui, dans notre France, sont réservés aux Grands Hommes.

Rarement une existence humaine n'est faite que de succès et de bonheur. Trop souvent ils cachent de profondes blessures.

De 1914 à ce jour, Émile Picard en a reçu de cruelles; il en a souffert stoïquement jusqu'à sa dernière heure, en père et en patriote, soutenu par la tendresse de sa chère compagne.

Que celle-ci veuille bien accepter nos condoléances respectueuses et émues et partager notre douloureuse sympathie avec ses enfants et petits-enfants.

SÉANCE DU LUNDI 15 DÉCEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Après le dépouillement de la Correspondance M. le **Président** s'exprime en ces termes :

Messieurs,

C'est pour moi une épreuve bien cruelle d'avoir à rappeler la vie du savant illustre qui vient de disparaître et auquel m'unissait une ancienne et vive affection. **Charles-Émile Picard** n'est plus.... Depuis deux ans, sa santé si robuste, malgré l'âge, fléchissait lentement, sans arrêt, rebelle aux soins dont il était entouré. Bien qu'il n'en laissât rien paraître, les événements dramatiques qui se sont abattus sur notre pays l'avaient profondément affecté.

Sa mort constitue une très grande perte pour la Science.

Membre, depuis 1889, de l'Académie des Sciences, É. Picard avait été son Président en 1910. Il succédait en 1917 à Gaston Darboux comme Secrétaire perpétuel.

Émile Picard était un savant universel. Son œuvre, extraordinairement étendue, est d'une originalité puissante. Dès son adolescence, il manifestait une aptitude exceptionnelle à tout connaître, à tout comprendre, à tout pénétrer. Son érudition précoce, sa notion approfondie des langues latine et grecque excitaient la surprise de ses Professeurs. A l'âge de 18 ans, en 1874, il fut reçu simultanément premier à l'École Normale Supérieure et second à l'École Polytechnique. C'est alors qu'hésitant sur le choix de sa carrière, il alla demander l'avis de Pasteur. Celui-ci le décida à opter

pour la Science pure. Le grand Pasteur, qui fixa ainsi le sort d'Émile Picard, avait-il pressenti ce qu'était alors et ce que deviendrait plus tard le jeune élève? La divination est fille du génie.

Entré en 1874 à l'École Normale supérieure (section des Sciences), É. Picard ne tardait pas à se révéler comme un Maître. En 1877, il adressait à l'Académie des Sciences une première Note qui fut présentée par Bouquet et, pendant les onze années suivantes, les *Comptes rendus* n'ont pas publié moins de 80 Notes de lui.

En 1886, le prix Poncelet fut décerné à É. Picard. En 1888, il recevait le Grand prix des Sciences mathématiques. Dans son Rapport sur le Mémoire envoyé, Henri Poincaré disait, en particulier, ce qui suit : « Chacun des cinq chapitres de ce travail contient une découverte importante.... ». Combien est éloquent et expressif un jugement aussi autorisé !

Un magnifique avenir scientifique s'ouvrait devant ce savant si jeune et déjà si éminent. Dès l'année 1881, alors qu'il n'avait que 24 ans, la Section de Géométrie de l'Académie des Sciences lui avait fait l'exceptionnel honneur de l'inscrire sur la liste de présentation des candidats. Elle le maintenait régulièrement ensuite. Le 11 novembre 1889, Émile Picard était élu par 45 voix sur 49. Il avait 33 ans.

La vie scientifique d'É. Picard a toujours suivi une courbe ascendante, harmonieuse, sans incident. Sa carrière universitaire n'a pas été moins belle ni moins rapide.

En 1877, reçu le premier au Concours d'Agrégation des Sciences mathématiques, il fut désigné comme Préparateur de Mathématiques à l'École Normale supérieure, puis comme Chargé du Cours de Calcul différentiel et de Calcul intégral à la Faculté des Sciences de Toulouse. Il revint ensuite à Paris comme Professeur suppléant à la Faculté des Sciences (Mécanique physique et expérimentale; ensuite, Mécanique et Astronomie etc.). Mais il était encore trop jeune pour être nommé Professeur. Enfin, en 1886 — il avait alors 30 ans, âge minimum nécessaire pour être admis à ces hautes fonctions — il fut appelé à la Faculté des Sciences de Paris comme Professeur de Calcul différentiel et intégral. En 1897, sur sa demande, il fut nommé Professeur d'Algèbre supérieure.

Depuis 1894, il était Professeur de Mécanique générale à l'École Centrale des Arts et Manufactures. Il était Membre du Bureau des Longitudes (1912).

É. Picard n'a jamais cessé de se signaler par des publications originales

et retentissantes. Sa notoriété scientifique était devenue mondiale. De France et de l'Étranger, tous les honneurs venaient à lui.

En 1932, il était élevé à la dignité de Grand-Croix de la Légion d'honneur.

Il a appartenu comme Membre Correspondant ou comme Docteur *honoris causâ* à 37 Académies ou Sociétés scientifiques étrangères.

Il a été Président du Conseil international de Recherches scientifiques, comprenant l'élite des savants de 26 nations.

L'Académie française l'avait élu en 1926 parmi ses Membres : il lui apportait le concours précieux de son savoir universel.

Rappellerai-je qu'en 1939 l'Académie des Sciences avait fêté solennellement le jubilé académique d'Émile Picard? Depuis un demi-siècle il faisait partie de notre Assemblée. Rare et magnifique privilège, anniversaire émouvant dont tous ceux qui y ont assisté garderont le souvenir! Celui qu'on appela alors « le Chef illustre et vénéré de l'École mathématique française » accueillait avec simplicité les témoignages d'admiration venus de toutes parts.

Deux ans auparavant, le 6 juillet 1937, l'Institut Mittag-Leffler, de Stockholm, lui décernait ici sa grande médaille d'or, en présence du Ministre plénipotentiaire de Suède. Le Directeur de l'Institut, M. Torsten Carleman, en remettant la médaille « à l'un des plus illustres représentants de la science mathématique » ([1]), évoquait les travaux de M. Picard sur la *Théorie des équations différentielles et fonctionnelles* et sur *les Fonctions algébriques*, signalant en même temps « le célèbre *Théorème de Picard sur les Fonctions entières*, ce chef-d'œuvre « disait-il » d'imagination, de rigueur et d'élégance qui brillera comme une étoile de première grandeur ».

Je ne saurais mentionner ici les principaux travaux d'Émile Picard, tant ils sont nombreux. Je citerai seulement, outre son célèbre *Traité d'Analyse*, ses œuvres sur les *Fonctions algébriques*, sur les *Courbes et Surfaces algébriques*, sur la *Mécanique analytique*, sur la *Physique mathématique*, sur la *Philosophie scientifique*, sur l'*Histoire des Sciences*, ses *Leçons de Dynamique*, sur les *Fonctions indépendantes* qu'il a appelées *hyperfuschiennes* et *hyperabéliennes* etc., ainsi que les classiques et nombreux théorèmes, équations, intégrales, groupes, surfaces auxquels est attaché le nom d'Émile Picard.

Chacun des travaux de Picard est l'expression à la fois spontanée et

---

([1]) L'autre lauréat était M. Hilbert, de Göttingen.

mûrie de sa pensée toujours originale et toujours féconde. A côté des Mathématiques, beaucoup concernent les Sciences qui s'y rattachent, particulièrement la Physique. A diverses reprises, il a fait, à ce sujet, mention de la Biologie. Sa vaste intelligence, sa pensée lumineuse et toujours en éveil sur l'inconnu découvraient sans cesse de nouveaux horizons à explorer. On peut justement appliquer à Émile Picard le mot de Pascal : « La pensée fait la grandeur de l'homme ».

A côté du savant que fut Picard, l'homme vous est bien connu. Il était plein de bonté, toujours affable, toujours accueillant. Il possédait deux qualités rares, un caractère indépendant et un profond esprit de justice.

Sa conversation était émaillée de citations empruntées à la littérature ancienne ou moderne, car son érudition s'étendait à tous les domaines et sa mémoire était prodigieuse. Il aimait la discussion; les hypothèses neuves le séduisaient. N'a-t-il pas écrit quelque part : « La Théorie a maintes fois fait prévoir des faits nouveaux »? Mais il s'attachait avec prédilection à la base rigide et stable du raisonnement et du fait. Il aurait pu justement s'appliquer à lui-même la réflexion de Descartes : « Je me plais surtout aux mathématiques, à cause de la certitude et de l'évidence de leurs raisons ».

Émile Picard est mort ! Son activité prodigieuse, sa pensée illuminée par les rayons de la vérité et de la science, tout est aujourd'hui éteint. Mais, dans l'avenir comme dans le présent, son œuvre, qui est l'une des plus belles de la Science moderne, subsistera et, avec elle, la gloire qui en rejaillit et qui entoure désormais, comme une auréole, le nom d'Émile Picard.

Qu'il me soit permis d'adresser à Madame Picard et à toute sa famille l'expression émue de nos plus vives condoléances.

La séance sera levée en signe de deuil après le vote de présentation inscrit à l'ordre du jour.

PRÉSENTATIONS.

Dans la formation d'une liste de candidats à la Chaire de Géologie du Muséum national d'Histoire naturelle, pour la première ligne M. *René Abrard* obtient 27 suffrages; il y a 7 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

Pour la seconde ligne M. *Raymond Furon* obtient 26 suffrages; il y a 7 bulletins blancs et 1 bulletin nul.

En conséquence la liste présentée à M. le Secrétaire d'État à l'Éducation Nationale comprendra :

En première ligne.............. M. **René Abrard.**
En seconde ligne............... M. **Raymond Furon.**

CORRESPONDANCE.

HYDRAULIQUE. — *Étude des oscillations provoquées dans les chambres d'équilibre par les manœuvres d'ouverture instantanée. Remarque sur le calcul des cheminées déversantes.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Cette Note se divise en deux parties distinctes :

I. *Oscillations provoquées dans les chambres d'équilibre par les manœuvres d'ouverture instantanée.*

Nous avons procédé à une étude expérimentale systématique de ce phénomène, sur les deux modèles décrits et suivant les méthodes exposées dans notre dernière Note [2].

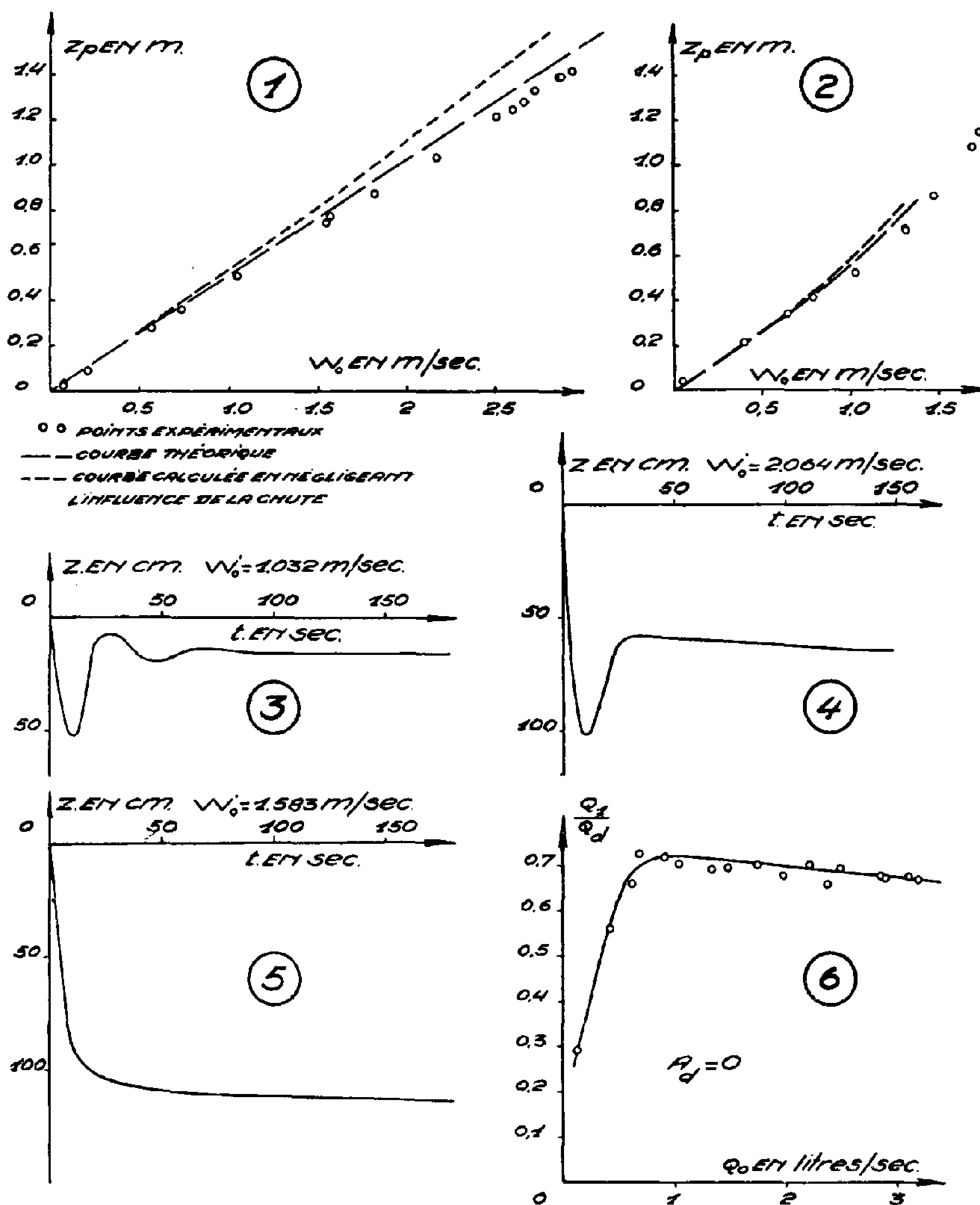
Nous avons comparé les résultats obtenus à ceux que fournissent les constructions graphiques théoriques; ces dernières peuvent se classer en deux catégories : la première (construction n° 1) tient compte, à la fois, de la perte de charge dans le canal d'amenée et de l'influence, sur le débit, des variations de la hauteur de chute totale, résultant des oscillations du plan d'eau; la seconde (construction n° 2) néglige le second facteur. Dans le cas de nos modèles, la hauteur de chute totale ($H = 6^m,10$ dans le grand modèle) est assez faible pour nécessiter le recours à la construction de la catégorie n° 1).

Sur les figures, W_0 représente la vitesse qui existerait dans le canal d'amenée, pour l'ouverture réalisée, si le plan d'eau restait confondu avec le niveau statique. La figure 1 correspond au grand modèle, dont la vanne située sur le canal d'amenée est complètement ouverte : en fonction de W_0, elle donne, pour les amplitudes maxima Z_p, des descentes du plan d'eau, au-dessous du niveau statique, d'une part, les valeurs mesurées, d'autre part, les valeurs théoriques fournies, soit par la construction n° 1, soit par la construction n° 2.

(1) Séance du 8 décembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 768.

La figure 2 donne les résultats analogues obtenus, sur ce même modèle, avec une fermeture accentuée de la vanne, augmentant notablement les pertes de charge dans le canal d'amenée.



Les figures 3 et 4 représentent deux enregistrements correspondant à la série d'expériences de la figure 1 ; W'_0 représente la vitesse obtenue

dans le régime permanent final; pour $w'_0 = 1,032$ m/sec. (*fig.* 3), on observe une série d'oscillations, tandis que pour $w'_0 = 2,064$ m/sec. après la montée consécutive à la première descente, le niveau rejoint asymptotiquement la cote de régime permanent. La figure 5 correspond à l'une des expériences de la figure 2; la perte de charge, plus notable, supprime toute oscillation.

L'étude du petit modèle donne des résultats analogues.

Ces recherches permettent de conclure que les conclusions graphiques théoriques conduisent à une représentation très approchée des phénomènes, la divergence légère qui existe étant systématiquement dans le sens de la sécurité. Le fait de négliger l'influence des oscillations sur la hauteur de chute provoque, dans le cas de nos modèles, une divergence appréciable.

II. *Remarque sur le calcul des cheminées déversantes.* — Celui-ci s'effectue, d'ordinaire, en prenant par sécurité, comme débit maximum déversant, Q_1 à la suite d'une fermeture complète instantanée du débit initial Q_0, le débit Q_d, qui arrive dans la chambre, à l'instant où le plan d'eau atteint la cote A_d du seuil déversant, au-dessus du niveau statique. On commet ainsi, dans le sens de la sécurité, une erreur systématique. La courbe de la figure n° 6, que nous avons obtenue, dans une série d'expériences faites sur le petit modèle de notre laboratoire et correspondant au cas où $A_d = 0$, montre que cette erreur est souvent exagérée, puisque, dans le cas considéré, Q_1 reste inférieur aux trois quarts de Q_d.

MÉCANIQUE ONDULATOIRE. — *Sur les matrices de spin.*

Note [1] de M. **Gérard Petiau**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les matrices de spin de la théorie du corpuscule de spin $(n/2)(h/2\pi)$ sont représentées par les matrices $S_i = (n/2)(h/2\pi) S_i$ $(i = 1, 2, 3)$, les S_i s'écrivant $S_i = \frac{1}{n}\sum_{1}^{n}{}_p \sigma_i^{(p)}$, les σ_i étant les trois matrices de Pauli

$$\sigma_1 = \begin{vmatrix} & 1 \\ 1 & \end{vmatrix}, \qquad \sigma_2 = \begin{vmatrix} & -i \\ i & \end{vmatrix}, \qquad \sigma_3 = \begin{vmatrix} 1 & \\ & -1 \end{vmatrix}; \qquad \sigma_0 = \begin{vmatrix} 1 & \\ & 1 \end{vmatrix}.$$

Le système des S_i comprend également les matrices symétriques

$$S_{i,j} = \frac{1}{n(n-1)} \Sigma_{p,q}\, \sigma_i^{(p)} \sigma_j^{(q)}, \qquad S_{i_2} = \frac{2}{n(n-1)} \Sigma_{p,q}\, \sigma_i^{(p)} \sigma_i^{(q)},$$

$$S_{i,j,k} = \frac{1}{n(n-1)(n-2)} \Sigma_{p,q,r}\, \sigma_i^{(p)} \sigma_j^{(q)} \sigma_k^{(r)}.$$

---

[1] Séance du 8 décembre 1941.

D'une façon générale, nous écrirons

$$S^{(n)}_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma} = \frac{\alpha!\,\beta!\,\gamma!\,\delta!}{n!} \Sigma_{p,q,r,s}\, \sigma_i^{(p_1)} \ldots \sigma_i^{(p_\alpha)}\, \sigma_j^{(q_1)} \ldots \sigma_j^{(q_\beta)}\, \sigma_k^{(r_1)} \ldots \sigma_k^{(r_\gamma)}\, \sigma_0^{(s_1)} \ldots \sigma_0^{(s_\delta)}$$

avec $\alpha + \beta + \gamma + \delta = n$.

Le système des $S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma}$ comprend $3n+1$ matrices de la forme S_0, S_{i_α}, $[3n(n+1)]/2$ matrices S_{i_α, j_β} et $[n(n-1)(n-2)]/6$ matrices $S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma}$, soit au total $K(n) = [(n+1)(n+2)(n+3)]/6 = (n+1)^2 + (n-1)^2 + \ldots + 1^2$ ou 0 suivant la parité de n. Nous nous proposons d'étudier les propriétés et la réductibilité des matrices $S^{(n)}_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma}$.

Nous avons facilement les règles de multiplication

$$S_i S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma} = \frac{1}{n}[\alpha S_{i_{\alpha-1}, j_\beta, k_\gamma} + \delta S_{i_{\alpha+1}, j_\beta, k_\gamma}] + \frac{i}{n}[\beta S_{i_\alpha, j_{\beta-1}, k_{\gamma+1}} - \gamma S_{i_\alpha, j_{\beta+1}, k_{\gamma-1}}],$$

$$S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma} S_i = \frac{1}{n}[\alpha S_{i_{\alpha-1}, j_\beta, k_\gamma} + \delta S_{i_{\alpha+1}, j_\beta, k_\gamma}] - \frac{i}{n}[\beta S_{i_\alpha, j_{\beta-1}, k_{\gamma+1}} - \gamma S_{i_\alpha, j_{\beta+1}, k_{\gamma-1}}].$$

Nous en tirons la formule

$$[S_i S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma} + S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma} S_i] = \frac{2}{n}[\alpha S_{i_{\alpha-1}, j_\beta, k_\gamma} + \delta S_{i_{\alpha+1}, j_\beta, k_\gamma}],$$

qui permet la construction de $S_{i_{\alpha+1}, j_\beta, k_\gamma}$ à partir de $S_{i_{\alpha-1}, j_\beta, k_\gamma}$ et de $S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma}$, et par suite permet d'obtenir tout nombre $S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma}$ par combinaison des matrices 1, S_i, S_j, S_k.

Plus particulièrement, nous avons

$$S_i S_{i_\alpha} = S_{i_\alpha} S_i = \frac{1}{n}[\alpha S_{i_{\alpha-1}} + (n-\alpha) S_{i_{\alpha+1}}].$$

Nous avons également

$$S_i S_j - S_j S_i = \frac{2i}{n} S_k$$

qui montre que les S_j possèdent bien les propriétés des matrices de spin.

On voit facilement que tous les nombres $S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma}$ commutent avec la matrice $G = S_{i_2} + S_{j_2} + S_{k_2}$ dont les valeurs propres sont les nombres

$$g = \frac{k(k+2)}{n(n-1)} - \frac{3}{n-1}, \qquad \text{avec} \quad k = n,\ n-2,\ \ldots,\ 1 \text{ ou } 0.$$

En particulier, pour $k = n$, $g = 1$ et l'on obtient la représentation de rang maximum $2n+1$, les $S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma}$ étant liés par les $K(n-2)$ relations

$$S_{i_\alpha, j_\beta, k_\gamma} = S_{i_{\alpha+2}, j_\beta, k_\gamma} + S_{i_\alpha, j_{\beta+2}, k_\gamma} + S_{i_\alpha}, S_{j_\beta, k_{\gamma+2}}.$$

Il reste alors $(n+1)^2$ matrices linéairement indépendantes. Pour préciser

la forme de celle-ci, on est amené à examiner l'équation

$$G\psi_{m_1 m_2\dots m_n} = g\psi_{m_1 m_2\dots m_n} \qquad (m_i = 1, 2),$$

qui s'écrit encore

$$\Sigma_{\mu,\nu}\,\delta_{m_\mu p_\nu}\,\delta_{m_\nu p_\mu}\,\psi_{p_1\dots p_\mu, p_\nu\dots p_n} = \frac{n(n-1)}{2}\,\psi_{m_1, m_\mu, m_\nu\dots m_n}.$$

Désignant par $\psi(k)$ les ondes pour lesquelles $m_1 + m_2 + \ldots + m_n = n + k$, on voit alors que pour chaque valeur de k variant de o à n, les $n!/k!(n-k)!$ ondes $\psi^{(k)}$ sont égales entre elles. Posant alors

$$\psi^{(k)}_{m_1,\dots,m_n} = \sqrt{\frac{k!(n-k)!}{n!}}\,\varphi_k,$$

on passera de la représentation d'ordre 2^n à la représentation irréductible correspondant à $g = 1$, d'ordre $2n+1$ au moyen de la transformation

$$(U)_{m_1, m_2, \dots, m_n; k} = \sqrt{\frac{k!(n-k)!}{n!}}\, e^{m_1, \dots, m_n; k}.$$

En utilisant les expressions des matrices σ, nous obtenons

$$S_x = \frac{1}{n}\left[\sum_0^n{}_k \sqrt{(k+1)(n-k)}\,(e^{k,k+1} + e^{k+1,k})\right],$$

$$S_y = \frac{i}{n}\left[\sum_0^n{}_k \sqrt{(k+1)(n-k)}\,(e^{k,k+1} - e^{k+1,k})\right], \qquad S_z = \frac{1}{n}\left[\sum_0^n{}_k [n-2k]\,e^{k,k}\right].$$

Si nous examinons plus particulièrement les cas pour lesquels $n = 2, 3, 4$, nous obtenons :

1° $n = 2$ (spin $h/2\pi$). G admet les deux valeurs propres $g' = 1$ et $g'' = -3$.

Pour $g = 1$, les dix matrices 1, S_i, S_{i_2}, $S_{i,j}$ sont liées par la relation $S_{i_2} + S_{j_2} + S_{k_2} = 1$ et la représentation réduite du troisième rang s'écrit

$$S_1 = \frac{1}{\sqrt{2}}(e^{0,1} + e^{1,0} + e^{1,2} + e^{2,1}), \quad S_2 = \frac{i}{\sqrt{2}}(e^{1,0} - e^{0,1} + e^{2,1} - e^{1,2}); \quad S_3 = e^{0,0} - e^{2,2}.$$

Pour $g = -3$,

$$S_i = S_j = S_k = S_{i,j} = S_{j,k} = S_{i,k} = 0, \qquad S_{i_2} = S_{j_2} = S_{k_2} = -1,$$

la représentation se réduit à la matrice-unité représentant le spin o.

2° $n = 3$ [spin $(3/2)(h/2\pi)$. G admet les deux valeurs propres $g' = 1$ et $g'' = -1$.

Pour $g = 1$, les 20 matrices 1, $S_{i_3}S_{i_2}$, $S_{i,j}$, S_{i_2}, $S_{i_2,j}$, $S_{i_2,k}$, $S_{i,j,k}$ sont liées par les quatre relations $S_{i_2} + S_{j_2} + S_{k_2} = 1$, $S_i = S_{i_3} + S_{i,j_2} + S_{i,k_2}$. Les S_i admettent une représentation irréductible d'ordre 4.

Pour $g = -1$, le système se réduit aux quatre matrices indépendantes 1, S_i, S_j, S_k. On a alors $S_i = -1/3 S_{i_3} = -S_{i,j_2} = -S_{i,k_2}$; $S_{i_2} = -1/3$, $S_{i,j} = 0$. La loi de multiplication montre alors que $S_i S_j + S_j S_i = 0$ $(S_i)^2 = 1/9$. Le système est celui des matrices de spin 1/2.

3° $n = 4$ [spin $2(h/2\pi)$]. G admet les valeurs propres 1, $-1/3$, -1.

Pour $g = 1$, le système se réduit de 35 à 25 matrices linéairement indépendantes par les 10 relations

$$S_i = S_{i_3} + S_{i,j_2} + S_{i,k_2}, \qquad S_{i_2} = S_{i_4} + S_{i_2,j_2} + S_{i_2,k_2},$$
$$S_{i,j} = S_{i_3,j} + S_{i,j_3} + S_{i,j,k_2}, \qquad \Sigma S_{i_4} + 2\Sigma S_{i_2,j_2} = 1.$$

Les S_i admettent alors une représentation de rang 5.

Pour $g = -1/3$, le système est ramené à 9 matrices linéairement indépendantes par les 26 relations

$$S_i = -S_{i_3} = -3S_{i_2,j} = -3S_{j,k_2}; \qquad S_{i,j,k} = 0; \qquad S_{i_3,j} = S_{i,j_3} = -3S_{i,j};$$
$$S_{i_2,j_2} = S_{k_2}; \qquad S_{i_4} = -(6S_{i_2} + 1); \qquad S_{i,j,k_2} = -S_{i,j}; \qquad S_{i_2} + S_{j_2} + S_{k_2} = -\frac{1}{3}.$$

On retrouve les relations liant les matrices irréductibles de spin $h/2\pi$.

Pour $g = -1$, on voit facilement que

$$S_i = S_{i_3} = S_{i,j} = S_{i_3,j} = S_{i,j,k_2} = 0, \qquad S_{i_2} = -\frac{1}{3}, \qquad S_{i_4} = 1, \qquad S_{i_2,j_2} = S_{i_2,k_2} = S_{j_2,k_2} = \frac{1}{3}.$$

Le système se réduit à la matrice unité représentative du spin 0.

PHYSIQUE. — *Sur un nouveau stroboscope de laboratoire. Décharges électriques commandées par un tube thyratron.* Note de M. **Louis Sackmann**, présentée par M. Henri Villat.

Caractéristiques des procédés actuels de stroboscopie électrique. — Les stroboscopes électriques, grâce à la mise en jeu de quantités d'énergie considérables pendant des laps de temps extrêmement courts, présentent le double avantage de l'instantanéité des éclairs (condition pour obtenir des images nettes quelle que soit la vitesse réelle des phénomènes étudiés), et d'une grande puissance lumineuse (condition pour assurer une observation aisée).

Tous ces procédés utilisent les décharges lumineuses dans les lampes à gaz rares (néon, xénon, krypton); pour cela on a recours à un condensateur qui se décharge et se recharge alternativement, grâce à un mécanisme de synchronisation comportant toujours un éclateur.

Dans les instruments industriels, qui font appel à des tensions de charge de plusieurs milliers de volts et à des condensateurs puissants dont la capacité atteint

facilement le microfarad, l'éclateur est un apparail robuste absorbant une puissance mécanique non négligeable. Il importe cependant que cet éclateur travaille à des tensions aussi basses que possible, afin d'éviter l'usure rapide des plots sous l'action des étincelles de rupture (à cet effet on se sert de relais électriques).

Un instrument de laboratoire par contre devra présenter les caractéristiques suivantes :

1° tension d'utilisation faible ne dépassant pas 300 volts par exemple;

2° décharges et éclairs commandés par un relais à très basse tension;

3° contacteur rotatif à couple résistant très petit et dans tous les cas rigoureusement constant pour éviter les à-coups.

Les avantages immédiats d'un tel appareil sont :

1° fonctionnement régulier grâce au contacteur-relais spécial;

2° maniabilité très grande;

3° élimination du danger des hautes tensions;

4° encombrement et poids très réduits, ce qui n'est pas à négliger.

Le stroboscope a thyratron. — *Principe.* — On remplace l'éclateur-synchronisateur du circuit de décharge par une lampe triode à gaz (thyratron), qui joue le rôle de relais électrique. C'est la grille du thyratron qui commande la décharge du condensateur et par conséquent le moment précis de l'éclair stroboscopique, pour une polarisation convenable : le courant électronique de la lampe est alors brusquement accéléré, la résistance intérieure tombe à une valeur très faible. C'est sous l'action de ce court-circuit particulier que s'effectue la décharge du condensateur. La tension d'accélération est transmise à la grille par un contacteur rotatif à plot (basse tension).

En dehors de la durée très brève du fonctionnement du plot, la grille est en permanence à une tension telle que le courant électronique est pratiquement coupé; le thyratron, dont la résistance intérieure est alors très élevée, fonctionne comme une véritable coupure. C'est pendant ce temps relativement long par rapport à la durée de fonctionnement du plot, que le condensateur reprend sa charge initiale.

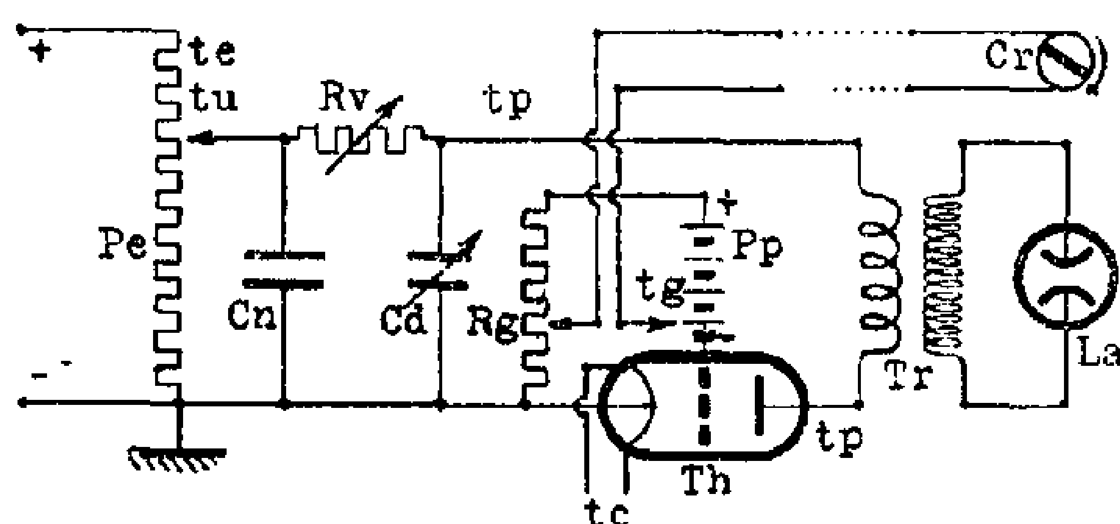
Cette charge s'opère à travers une forte résistance, par l'intermédiaire d'un condensateur nourrice, qui est en relation directe avec la tension d'utilisation (phénomène de relaxation).

Modes de fonctionnement. — Le stroboscope à thyratron peut fonctionner suivant deux régimes différents :

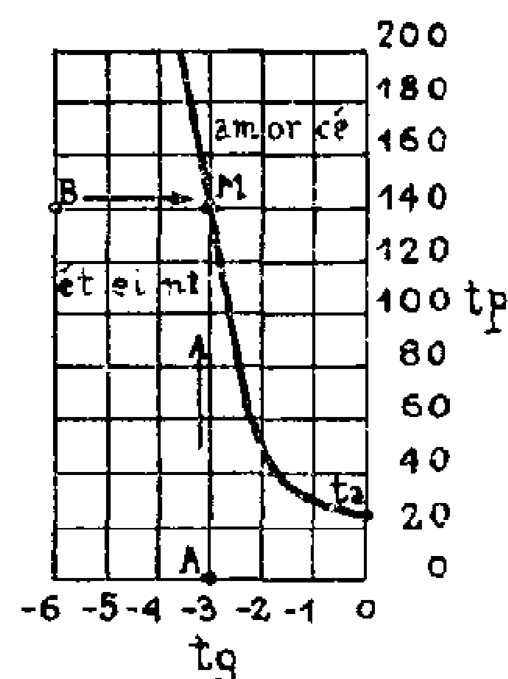
A. *Fonctionnement autonome à éclairs de relaxation.* — Il n'y a pas de contacteur de synchronisation. La tension grille *tg* est maintenue constante; il n'y aura accélé-

ration électronique que si la tension aux bornes du condensateur de décharge, et par suite la tension plaque *tp*, atteint une valeur critique (voir la figure); on traverse la

Schéma de montage.



Caractéristiques d'un thyratron.



Pe, potentiomètre d'entrée; Cn, condensateur nourrice; Cd, condensateur décharge; Rv, résistance variable; Rg, résistance de grille; Th, thyratron; Pp, pile de polarisation; Tr, transformateur; La, lampe à gaz; Cr, contacteur rotatif; te, tension d'entrée; tu, tension d'utilisation; tp, tension plaque, tp $\leqq$ tu; tg, tension négative de grille; tc, tension de chauffage; ta, tension d'amorçage; M, point de la caractéristique (tg-tp).

caractéristique en M, suivant le parcours AM. Aussitôt après l'éclair le condensateur se recharge au bout d'un temps T, période propre du système (relaxation).

B. *Fonctionnement synchrone commandé par un contacteur.* — C'est le contacteur qui déclenche les décharges en communiquant à la grille la tension d'accélération nécessaire; mais il faut s'arranger, en agissant sur la résistance du circuit de charge, pour que la période propre du stroboscope soit voisine de la période imposée par le contacteur; on traverse la caractéristique en M, suivant le parcours BM.

Notons que, si la résistance est réglée à une valeur trop élevée, le train des éclairs présentera des creux, mais il y aura toujours synchronisme. Pour rétablir la continuité du train, il suffira de réduire progressivement la valeur de la résistance de charge.

Remarque. — M. André Lallemand a mis au point un procédé de stroboscopie en utilisant une lampe triode ordinaire; l'énergie mise en jeu est très faible du fait qu'on exploite exclusivement des variations de tensions sans faire intervenir la décharge d'un condensateur; il n'y a pas de phénomène de relaxation.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur l'action d'un champ électrique à la surface d'une solution électrolytique.* Note [1] de M. **Charles Cassignol**, présentée par M. Maurice de Broglie.

1. Notre point de départ a été une étude des phénomènes lumineux qu'on observe aux électrodes dans l'électrolyse [2]. Nous en résumons d'abord les principaux résultats.

---

[1] Séance du 17 novembre 1941.

[2] Ch. Cassignol, *Étude de quelques phénomènes lumineux dans l'électrolyse* (*Diplôme d'Études supérieures*. Faculté des Sciences de Paris, 1941.)

Lorsque la tension aux bornes d'une cuve à électrolyse est de quelques dizaines de volts, des phénomènes lumineux se produisent aux électrodes. En général la chute de potentiel et l'émission de lumière sont localisées sur l'électrode de plus faible surface.

On peut observer, tant à l'anode qu'à la cathode, 1° des régimes dans lesquels l'émission de lumière est due à la rupture du courant, causée elle-même par le dégagement gazeux; 2° des régimes dans lesquels l'électrode est séparée du liquide par une gaine gazeuse lumineuse.

Ces derniers sont les plus intéressants. Avec une solution aqueuse d'acide sulfurique à 1,5N et des électrodes de platine de $1^{mm},5$ de diamètre, on observe un phénomène anodique à gaine, stable au-dessus de 20 volts, et trois phénomènes cathodiques à gaine, stables respectivement de 30 à 50 volts, de 50 à 80 volts et au-dessus de 90 volts.

Nous nous occupons exclusivement du phénomène anodique et du phénomène cathodique stable de 50 à 80 volts. Leurs caractéristiques sont les suivantes : densité de courant de l'ordre de 1 ampère par centimètre carré à l'électrode entourée de gaz; dans le cas du phénomène cathodique la cathode ne s'échauffe pas sensiblement; dans le cas du phénomène anodique, au contraire, l'électrode est incandescente, d'autant plus chaude que la tension aux bornes est plus élevée.

Pour expliquer le passage du courant à travers la gaine, on ne peut pas faire appel à la décharge disruptive, car les potentiels employés sont trop faibles, ni à l'émission thermoionique de la cathode, dans le cas du phénomène cathodique. On est donc conduit à l'hypothèse suivante :

Sous l'action du champ électrique intense qui règne à l'intérieur de la gaine, le liquide émet des charges électriques d'un signe approprié, qui transportent le courant.

2. Pour vérifier cette hypothèse, nous avons réalisé un dispositif qui permet de soumettre un liquide à un champ électrique intense.

Le liquide est répandu en couche mince, avec un pinceau, sur l'armature centrale, constituée par un fil de platine de $0^{mm},2$ de diamètre, d'un condensateur bi-cylindrique. L'autre armature est un tube de laiton de 72^{mm} de diamètre intérieur. La source d'électricité est une machine de Wimshurst tournant à vitesse réduite (pour éviter l'effluve dans le cylindre). Un éclateur est monté en dérivation sur les deux armatures et permet d'étudier qualitativement les variations de la résistance de fuite du condensateur.

L'éclateur est réglé de façon qu'il y passe une série continue d'étincelles lorsque le fil central est sec. Si alors on le mouille avec de l'eau pure,

l'étincelle continue de passer, peut-être un peu moins fréquente. Si, toutes choses égales d'ailleurs, on le mouille avec une solution d'acide sulfurique normale, on constate que l'étincelle ne passe plus. La résistance de fuite a donc diminué.

Nous avons répété cette expérience avec divers liquides isolants ou conducteurs, et nous avons trouvé que l'étincelle passait toujours dans le premier cas et très rarement dans le second; c'est avec de l'acide sulfurique que le réglage était le plus facile. Dans ce dernier cas, le résultat ne dépendait pas de la polarité.

Notre hypothèse est ainsi vérifiée qualitativement.

D'autres expériences, que nous ne décrivons pas parce qu'elles ne sont pas concluantes, semblent montrer que l'émission de charges par un liquide électrolytique ne se produit que si le champ électrique a une valeur suffisante.

Cela concorde avec le résultat de l'étude de la polarisation de la lumière réfléchie sous l'incidence brewstérienne par un électrolyte : l'ellipticité résiduelle est la même que dans le cas de l'eau pure ([3]). Il n'existe donc pas de charges électriques à la surface d'un liquide électrolytique, et le champ électrique doit être suffisant pour leur faire traverser la couche de passage.

ÉLECTROCHIMIE. — *Mécanisme de la surtension des ions* N_3^- *et* OH^-. Note ([1]) de MM. **René Audubert** et **Edgar-T. Verdier**, présentée par M. Jacques Duclaux.

L'un de nous a montré avec S. Cornevin ([2]) que, si l'on fait intervenir dans les processus de décharge l'activation des ions et si l'on tient compte des réactions inverses d'ionisation toujours possibles, l'intensité I du courant est liée au potentiel V de l'électrode par la relation

$$(1) \qquad I = K[A^-]\,e^{-\frac{W-\alpha F(V_0+\eta)}{RT}}\left[1-e^{-\frac{(\alpha+\beta)F\eta}{RT}}\right],$$

K est une constante cinétique, $[A^-]$ la concentration de l'ion en solution, W l'énergie

([3]) Ch. Bouhet, *Annales de Physique*, 15, 1931, p. 5.

([1]) Séance du 1er décembre 1941.

([2]) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 234; *Journal de Chimie physique*, 38, 1941, p. 46.

d'activation de la réaction de décharge, V_0 le potentiel de l'électrode en dehors de toute polarisation, η la surtension, α et β les coefficients de transmission de l'énergie cinétique de la réaction de décharge et de son inverse; F, R, T ayant leur signification habituelle.

Nous avons cherché à vérifier si cette théorie, qui rend compte de la polarisation anodique de nombreux métaux (Al, Si, Mg et Ta) [2], s'appliquait également aux surtensions de l'azote et de l'oxygène, dans la décharge des ions N_3^- et OH^-.

L'étude des surtensions anodiques de ces ions en fonction de l'intensité du courant a été faite par électrolyse, entre des électrodes de platine, de solutions de N^3Na et de NaOH, à plusieurs températures (1°,5, 20°, 42°, 57°C.) et à diverses concentrations (N et N/1000) avec des courants allant de 5.10^{-9} à 10.10^{-3} ampère.

Nous avons constaté qu'en évitant avec soin toute polarisation brutale de l'électrode, il était possible d'avoir, même pour les plus petites intensités du courant, des valeurs parfaitement reproductibles. Nous avons ainsi pu analyser des domaines de très faible surtension, généralement négligés par la plupart des expérimentateurs.

Les courbes, obtenues en portant en abscisse η et en ordonnée $\log I$, sont tracées sur le diagramme ci-après. Elles présentent deux domaines rectilignes, et sont précédées d'une portion incurvée, située au-dessous du prolongement de la première droite, cette portion est celle où le processus inverse d'ionisation ne peut être négligé. Il est possible à partir de ces courbes, ainsi qu'on l'a vu [2], de calculer les différentes constantes, α, β et K rentrant dans la formule générale, et de vérifier, comme on peut le voir sur la figure, que les points expérimentaux coïncident avec les points calculés.

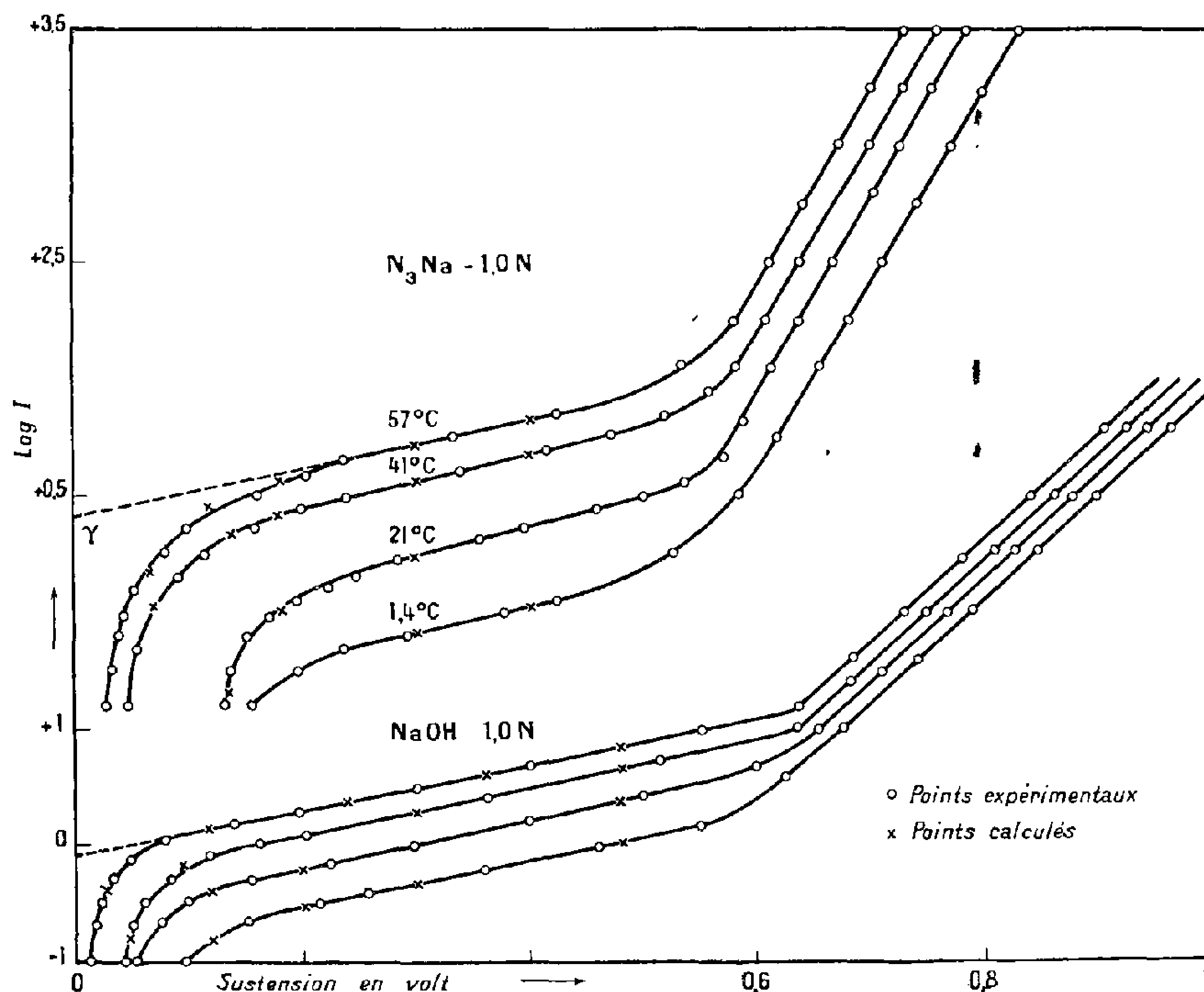
L'influence de la température sur les courbes $\log I = f(\eta)$ permet d'atteindre l'énergie d'activation des processus de décharge.

L'équation (1) peut s'écrire en effet, en négligeant la réaction d'ionisation,

$$(2)\qquad \mathrm{Log}\, I = \mathrm{Log}\, K[A^-] - \frac{0{,}43\,W}{RT} + \frac{0{,}43\,\alpha F V_0}{RT} + \frac{0{,}43\,\alpha F \eta}{RT}.$$

Dans cette équation nous ne connaissons pas d'une manière rigoureuse la valeur V_0 qui représente la différence de potentiel absolue métal-liquide, en dehors de toute polarisation. Parmi les résultats des nombreuses

méthodes proposées pour déterminer les potentiels absolus, nous avons choisi la valeur généralement acceptée de 0,560 pour le potentiel absolu du mercure par rapport à une solution normale de KCl, valeur qui semble



être la plus reproductible et à laquelle conduisent de nombreux procédés différents.

En désignant par γ l'ordonnée du point de rencontre d'une des portions rectiligne avec l'axe des ordonnées, on a

$$\gamma = \mathrm{Log}\,K[A^-] - \frac{0,43\,W}{RT} + \frac{0,43\,\alpha F V_0}{RT}.$$

Par suite, si l'on porte en abscisse $1/T$ et en ordonnée les valeurs correspondantes de $y = \gamma - (0,43\,\alpha F V_0/RT)$, on a une droite dont la pente permet de calculer l'énergie d'activation W, et la constante K.

Le tableau ci-contre contient deux séries de valeurs correspondant aux deux portions linéaires des courbes pour les ions N_3^- et OH^-.

Électrolyte.	t (°C).	α.	β.	γ.		α′.	γ′.	
NaOH 1,0N	57	0,124	0,540	−0,05	W = 8300^cal^	0,617	−4,89	W′ = 3800^cal^
	41	0,120	0,516	−0,30	Log K = 4,59	0,584	−4,94	Log K′ = −6,14
	21,4	0,118	0,339	−0,60		0,531	−4,99	
	1,4	0,115	0,234	−0,97		0,490	−5,06	
NaOH N/1000	56,5	0,063	0,237	+0,20	W = 3100^cal^			
	19,6	0,035	0,213	−0,26	Log K = 4,74			
N^3Na 1,0N	57	0,135	0,178	+0,34	W = 12700^cal^	1,108	−7,67	W′ = 5800^cal^
	42	0,142	0,221	−0,08	Log K = 7,30	1,050	−8,00	Log K′ = −18,0
	20	0,129	0,230	−0,64		0,965	−8,36	
	1,4	0,117	-	−1,32		0,882	−8,88	

En résumé, la formule générale donnée pour la polarisation anodique s'applique donc bien à la surtension de l'azote et de l'oxygène. L'existence de deux portions rectilignes révèle l'influence du champ au voisinage de l'électrode sur les processus de décharge des ions, cette influence pouvant porter soit sur l'hydratation de l'ion, soit sur sa déformabilité. Dans cette dernière hypothèse il faudrait alors admettre que l'action du champ pourrait aller jusqu'au passage d'un électron de son orbite normale à une orbite plus externe.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle méthode générale de synthèse des essences allyliques et propényliques.* Note (¹) de M. **Léonce Bert.**

Nous avons montré (²) que les éthers-oxydes phénoliques se condensaient avec le dichloropropène-1.3, en présence soit de chlorure d'aluminium anhydre (monophénols), soit de poudre de zinc (mono-, di- et triphénols), pour donner la nouvelle classe importante des éthers-oxydes phénoliques ω-chlorallylés du type $RO—C^6H^4—CH^2—CH=CHCl$.

L'objet de la présente Note est de faire connaître leur utilisation à la synthèse des essences allyliques et propényliques.

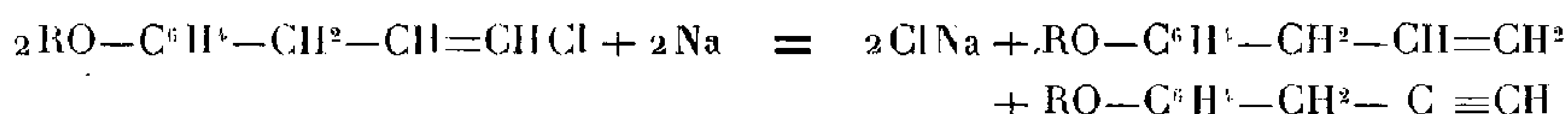
I. *Essences allyliques.* — Certains éthers phénoliques ω-chlorallylés ne sont autres que les dérivés ω-chlorés de certaines essences allyliques dont la synthèse consiste dès lors dans le remplacement de l'atome de chlore par un atome d'hydrogène.

Nous y sommes parvenu par une voie indirecte, en les traitant par le

(¹) Séance du 1er décembre 1941.

(²) L. Bert, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 797.

sodium, soit en l'absence de solvant, soit au sein de l'éther ou de carbures benzéniques, à froid ou à chaud ([2]). A la suite de l'enlèvement du chlore par le sodium, il se produit une redistribution des atomes d'hydrogène entre les chaînes allyliques de deux molécules d'éther phénolique ω-chorallylé, et l'on obtient l'essence allylique attendue et un alcoxyphénylpropylène vrai, conformément à l'équation

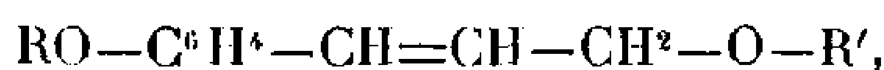


$$2RO-C^6H^4-CH^2-CH{=}CHCl + 2Na = 2ClNa + RO-C^6H^4-CH^2-CH{=}CH^2 + RO-C^6H^4-CH^2-C\equiv CH$$

Nous avons fait ainsi la synthèse de l'estragol, du sapol ([3]), du méthyleugénol et de l'élémicine, à partir, respectivement, de l'anisol, de l'éther méthylénique, du pyrocatéchol, du vératrol et du triméthylpyrogallol.

II. *Essences propényliques.* — On sait que les dérivés allylés précédents, chauffés avec une solution alcoolique de potasse, s'isomérisent en propénylés, par migration de la double liaison de βγ en αβ. Mais il est possible de les préparer autrement à partir de nos éthers-oxydes phénoliques ω-chlorallylés. Pour cela, on chauffe ces derniers avec KOH et un alcool R'OH quelconque, dans les proportions moléculaires respectives 1, 3, 5.

Il se forme très vite, et avec un rendement élevé, les éthers-oxydes d'alcolyle et d'alcoxycinnamyle du type



$$RO-C^6H^4-CH{=}CH-CH^2-O-R',$$

que l'hydrogénation par le sodium et l'alcool coupe en essence propénylique $RO-C^6H^4-CH{=}CH-CH^3$ et en alcool R'OH. Une partie de l'essence propénylique s'hydrogène en alcoxypropylbenzène



$$RO-C^6H^4-CH^2-CH^2-CH^3.$$

La préparation est calquée sur celle des propényl- et propylbenzènes que nous avons décrite autrefois ([4]), avec cette différence que la séparation des produits engendrés est ici plus aisée.

Nous avons obtenu à ce jour l'anéthol, l'isosafrol, le méthylisoeugénol, l'isoélémicine et l'asarone à partir, respectivement, de l'anisol, de la méthylènepyrocatéchine, du vératrol et des triméthoxybenzènes-1.2.3 et 1.2.4.

([2]) L. Bert et M. Raynaud, *Comptes rendus*, 191, 1930, p. 454.

([3]) C'est, à notre connaissance, la première synthèse de cet important produit naturel.

([4]) L. Bert et M. Anglade, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 645.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Sur l'orientation des cristaux liquides par les surfaces frottées; étude expérimentale.* Note de M. **Pierre Chatelain**, présentée par M. Charles Mauguin.

Soit une préparation de liquide anisotrope obtenue de la manière suivante : de l'azoxyanisol, dans sa phase nématique, est introduit par capillarité entre un porte-objet et un couvre-objet, placés sur la platine chauffante d'un microscope polarisant; ces deux lames ont été préalablement frottées sur du papier suivant une direction D bien déterminée, les surfaces frottées étant celles qui sont au contact du liquide, les directions D coïncidant. Observée en lumière parallèle, entre nicols croisés, une telle préparation rétablit la lumière; mais contrairement à ce qui se produit avec des lames non frottées, elle s'éteint dans toute son étendue pour quatre positions de la platine, comme le ferait une lame monocristalline, la vibration lente étant dirigée suivant D. Si les lames n'ont pas été nettoyées spécialement, ni frottées un grand nombre de fois, la préparation, observée en lumière monochromatique avec le montage de lumière convergente, montre les figures caractérisant un uniaxe, l'axe optique ayant une inclinaison variable d'une région à l'autre, les régions parallèles à l'axe étant les plus nombreuses.

Action de la durée du frottement. — Pour obtenir une préparation s'éteignant uniformément suivant D, il suffit de frotter la lame 3 ou 4 fois sur du papier (trajet 30^{cm} environ). Si la durée du frottement est accrue, lames frottées 50 fois par exemple, le nombre de plages non parallèles à l'axe diminue notablement; en frottant la lame 100 fois, la préparation obtenue est équivalente à une lame monocristalline, dont l'axe optique serait parallèle à la direction D du frottement. Comme l'axe optique d'une préparation orientée d'azoxyanisol dans sa phase nématique est confondu avec la position moyenne de la direction d'allongement des molécules, il est possible d'énoncer les résultats suivants :

Le frottement exerce deux actions, la première, immédiate, oriente les molécules d'azoxyanisol de façon que leur allongement soit dans le plan défini par la normale aux lames frottées et la direction D du frottement; la deuxième, plus lente à se faire sentir, progressive et un peu irrégulière, impose à cette direction d'allongement une orientation moyenne de plus en plus fréquemment confondue avec D.

Action du nettoyage. — Si les lames ont été flambées ou nettoyées

chimiquement avant d'être frottées, les résultats obtenus sont les mêmes, à ceci près, qu'il suffit de frotter les lames 50 fois pour avoir des préparations parallèles à l'axe tout à fait remarquables. Il est très difficile de faire disparaître l'action du frottement, surtout si les lames avant d'être frottées ont été flambées; seul un nettoyage chimique très énergique peut faire disparaître d'une lame tout souvenir de frottements antérieurs; un flambage même prolongé n'y parvient pas toujours complètement.

Action de la substance sur laquelle les lames sont frottées. — Le papier a été remplacé par diverses substances telles que la soie, le drap, le caoutchouc, le cuivre, le plomb, le verre; les résultats obtenus restent sensiblement les mêmes, les différences observées provenant de la difficulté plus ou moins grande de frotter les lames sur ces diverses substances.

Action de la nature des lames frottées. — Les lames de verre ont été remplacée par des lames de mica (¹) ou par des lames de quartz. L'expérience réalisée avec le mica est particulièrement importante : en effet si les lames proviennent d'un clivage frais, la préparation obtenue a une structure hélicoïdale, les molécules étant orientées sur la surface inférieure à 30° à droite de la trace de g^1 sur le plan de clivage, sur la face supérieure à 30° à gauche de cette trace; si les lames de mica sont frottées suivant la trace de g^1, la préparation obtenue est équivalente à une lame monocristalline dont l'axe optique serait dirigé suivant cette trace; autrement dit, le mica frotté se comporte comme le verre; le quartz également. Il y a tout lieu de penser que ce résultat est général, l'action du frottement est la même, quelle que soit la nature de la surface frottée.

Variation avec la nature de la substance fondue. — Les essais ont porté sur l'azoxyanisol, l'azoxyphénétol, l'anisaldazine et le *p*-anisal-aminocynnamate d'éthyle; les faits observés permettent d'énoncer les résultats suivants : l'effet du frottement s'exerce seulement sur la phase nématique et non sur la phase smectique; pour la phase nématique, il est d'autant plus énergique que le corps étudié a plus d'aptitude à donner des plages adhérentes.

Durée de conservation de la propriété. — Des lames frottées depuis plus d'un an, conservées simplement sous cloche, ont gardé la propriété d'orienter les cristaux liquides, d'une façon presque intacte pour les lames flambées ou nettoyées chimiquement, avec une tendance à une diminution de l'étendue des plages parallèles à l'axe et à la formation d'irrégularités pour les lames non mouillables.

(¹) Ch. Mauguin, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 1246.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Application du critérium de Lord Rayleigh à la formation des tourbillons convectifs dans les sols polygonaux du Spitzberg.* Note [1] de M. **Vsevolod Romanovsky.**

Pour pouvoir affirmer avec certitude que les sols polygonaux arctiques sont bien dus à des tourbillons de H. Bénard [2], il est nécessaire de connaître si le critérium de Lord Rayleigh [3], exprimant la condition de l'existence d'une instabilité thermique au sein d'une masse fluide, peut s'appliquer au cas des sols polygonaux du Spitzberg. Ce critérium est figuré par une équation, à savoir

$$\frac{\beta\alpha g h^4}{\psi\nu} = A,$$

avec la condition $A > 657$ pour qu'il puisse y avoir instabilité thermique, d'où naissance des tourbillons convectifs. Il a donc fallu calculer A et le comparer à 657.

Le tableau ci-dessous groupe les valeurs des facteurs de A, tous ses chiffres ayant été déterminés expérimentalement.

Échantillon.........	1.	2.
Coefficient de dilatation cubique (α).............	$1{,}1.10^{-5}$	$1{,}3.10^{-5}$
Coefficient de conductibilité thermique (ψ)........	450.10^{-5}	375.10^{-5}
Viscosité d'ensemble (ν) à 10°C.................	12,5	7,6
Épaisseur du tourbillon (h)......................	80	80
Gradient de température (β)...................	0,1	0,1
Accélération de la pesanteur (g)..................	981	981
Rigidité mesurée avec app. B. F. R. [4] (dynes/cm²).	0,15	0,06

(Toutes ces valeurs sont exprimées en unités C.G.S.)

Le coefficient de conductibilité thermique a été déterminé à l'aide d'un appareil conçu spécialement à cet effet [5]. Le coefficient de dilatation cubique a été mesuré comme si l'on avait affaire à un liquide, et c'est un coefficient qui s'applique à l'ensemble et non aux constituants minéralogiques de la boue. *La viscosité d'ensemble* a été déterminée en se servant

---

(1) Séance du 8 décembre 1941.

(2) *Thèse de doctorat*, Paris, 1901.

(3) *Phil. Mag.*, 32, 1916, pp. 529-546.

(4) V. Romanovsky, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 584.

(5) J. Bourcart, J. Florentin et V. Romanovsky, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 682.

d'un viscosimètre à chute de bille où le passage de celle-ci était détecté à l'aide d'un procédé électromagnétique. Comme il est impossible de parler d'une viscosité réelle, le fluide étant très complexe, j'appelle *viscosité d'ensemble* le chiffre qui est donné par le viscosimètre à chute de bille, tout se passant comme si l'on avait affaire à un liquide *normal* ([6]).

L'épaisseur du tourbillon, autrement dit la distance entre la « tjäle » et la surface libre, a été mesurée sur place ([7]). Comme il est impossible de fixer un gradient de température précis, le chiffre figuré dans le tableau précédent donne un gradient de température moyen mesuré sur un intervalle de temps assez étendu et pour des variations de température extrêmes.

L'accélération de la pesanteur a été calculée en tenant compte de la latitude et de l'altitude du lieu.

Les calculs donnent comme valeurs de A, 77.10^4 pour l'échantillon n° 1 et 183.10^4 pour l'échantillon n° 2. Ces valeurs sont nettement supérieures au nombre du critérium de Lord Rayleigh, donc l'instabilité thermique est possible, et l'hypothèse des tourbillons convectifs se trouve, une fois de plus, confirmée.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Sur la présence de Diatomées dans certains silex creux turoniens et sur un nouveau mode de fossilisation de ces organismes.* Note de M. **Georges Deflandre**, présentée par M. Maurice Caullery.

Deux problèmes, d'ailleurs interdépendants, dominent les recherches sur l'action lithogénétique des Diatomées, au cours des temps géologiques : 1° la détermination de l'ancienneté de ces algues siliceuses ; 2° celle de leurs divers modes de fossilisation, avec leurs stades successifs et parfois leurs pseudomorphoses finales.

L'étude de la poudre contenue dans des silex creux de diverses provenances, systématiquement poursuivie depuis plusieurs années, me permet d'apporter une nouvelle contribution à ces problèmes, grâce à la découverte de Diatomées fossilisées d'une manière particulière, *inconnue jusqu'à présent dans ce groupe.*

Contrairement à une opinion répandue, au moins en France et en Grande-Bretagne, il semble bien que personne n'ait encore décrit et figuré

(6) J. Duclaux, *Traité de Chimie physique*, Paris, 1934.
(7) V. Romanovsky, *Comptes rendus*, 210, 1940, p. 97.

de Diatomées provenant de silex creux. Les indications habituellement données sur ce sujet et reproduites depuis fort longtemps, résultent soit d'une confusion accidentelle, soit d'une interprétation trop large du genre *Pyxidicula* Ehrenberg, dont la signification était d'ailleurs bien imprécise à la fin du siècle dernier.

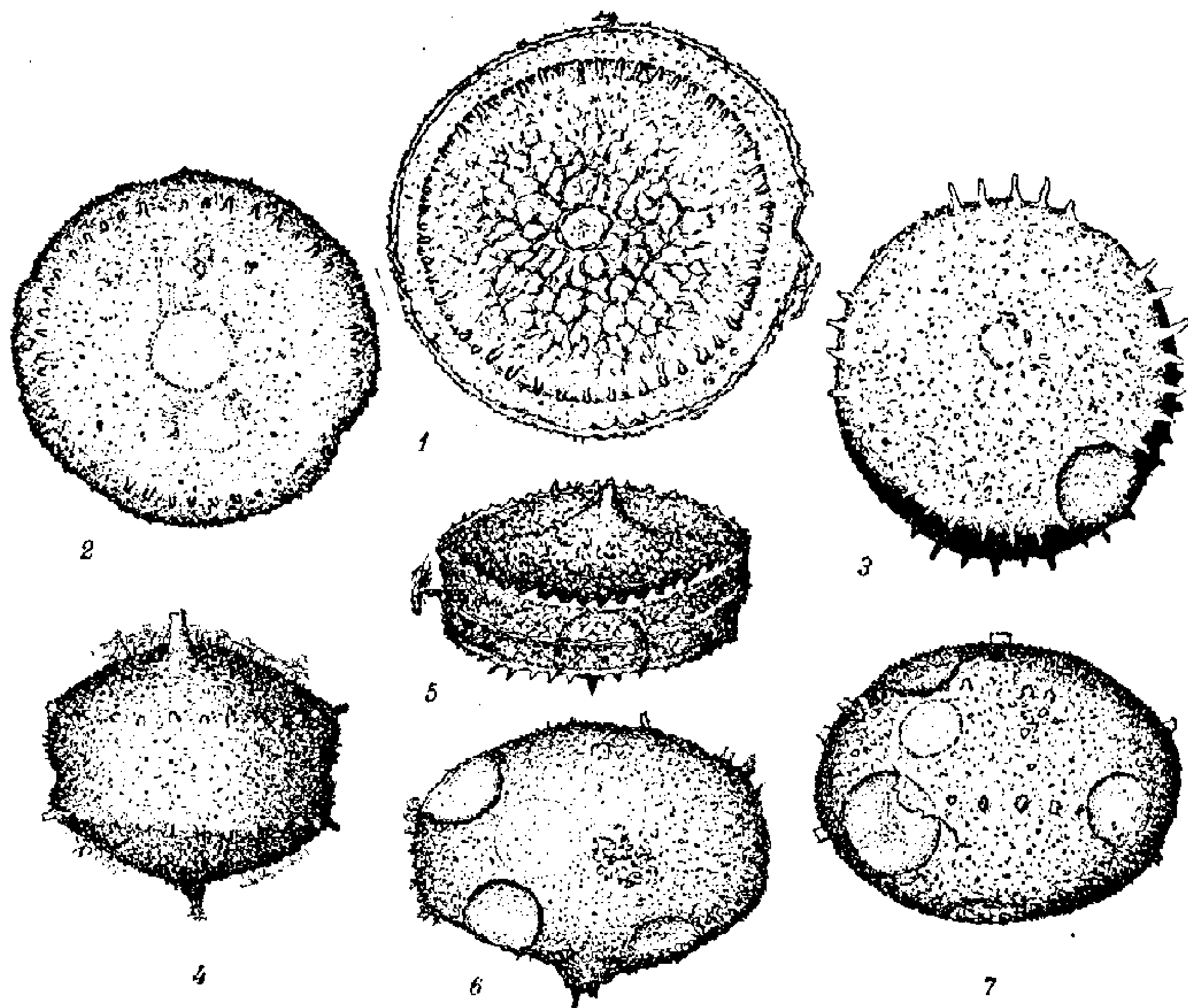


Fig. 1 à 7. — *Thalassiosira cretacea* n. sp., Diatomées calcédonieuses, provenant de silex creux turoniens. 1, spécimen ayant conservé les valves et le connectif (l'ornementation réticulée est d'origine secondaire); 2 et 3, moules internes calcédonieux en vue frontale, légèrement oblique pour la figure 3 (le cercle central de la figure 2 correspond à un vide globulaire de la calcédonite); 4 et 5, moules internes en vue latérale (oblique pour la figure 5), montrant les appendices centraux et la couronne de cornes; 6 et 7, moules internes en vue latérale, avec vides globulaires. La visibilité des appendices a été forcée dans le dessin. Grossissement 600. Observations faites en milieu à haut indice de réfraction.

Les Diatomées étudiées ici sont intéressantes à un double titre : leur âge, leur mode de fossilisation. Je reviendrai ailleurs sur la question de l'ancienneté des Diatomées, qui mérite un exposé critique. Les Diatomées du Crétacé sont encore peu connues; en France, L. Cayeux, qui en a signalé autrefois *quelques unités* dans la craie du Bassin de Paris (¹),

(¹) *Mém. Soc. Géol. du Nord*, 2, IV, 1897, p. 458.

indépendantes des silex, a précisé qu'elles y étaient extrêmement rares; leur étude n'a pas été poursuivie et leur mode de fossilisation est resté inconnu.

Celles que j'ai trouvées proviennent de cavités irrégulières situées dans des silex blonds turoniens, recueillis dans la falaise des Vaches noires, à Villers-sur-Mer (Calvados). Assez communes, elles accompagnent des Radiolaires fréquents, des Foraminifères silicifiés et des spicules de Spongiaires nombreux. Certaines de ces Diatomées (²) ont conservé tout ou partie de leurs valves (*fig.* 1), avec, semble-t-il, une certaine proportion d'opale. Ces valves renferment toujours *un moule interne calcédonieux*. Leur fine ornementation superficielle n'est plus visible; seuls subsistent un appendice central et une couronne de cornes plus ou moins développées. Le plus fréquemment, *on ne retrouve que les moules internes de calcédonite* (*fig.* 2 à 7), pourvus ou non de vides globulaires, analogues à ceux des spicules fossilisés avec eux. Les uns sont très caractéristiques, particulièrement en vue latérale (*fig.* 4, 5); les autres (*fig.* 6, 7) *sont tellement modifiés qu'en première analyse, il est impossible d'y reconnaître des Diatomées*. Des stades intermédiaires et aussi la conservation partielle de l'appendice central, ou de la couronne de cornes, permettent cependant de reconnaître leur origine avec une entière certitude.

Ces stades finaux, simples sphéroïdes de calcédonite, sont assurément les plus intéressants. Avec eux, et pour la première fois, nous prenons connaissance de structures engendrées par la fossilisation des Diatomées, susceptibles de nous conduire à déceler celles-ci dans des roches où leur présence était jusqu'ici invérifiable. On peut donc voir là un point de départ pour des recherches nouvelles concernant les questions évoquées au début de cette Note.

PALÉOBOTANIQUE. — *La loi de récapitulation ontogénique et phylogénique appliquée aux plantes fossiles.* Note de M. **Paul Bertrand**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Les travaux d'anatomie comparée exécutés depuis 1906 ont montré qu'un grand nombre de Ptéridophytes et de Ptéridospermes ont conservé

(²) Tous les spécimens étudiés appartiennent à une même espèce, que je classe dans le genre planctonique, actuel et fossile, *Thalassiosira* Cleve, sous le nom de *T. cretacea* n. sp.

dans leur organisation la marque héréditaire des types archaïques dont elles sont issues. Ce vestige indubitable de l'organisation ancestrale se trouve dans toutes les régions où un organe latéral s'insère sur un support (régions d'insertion). De là un énoncé particulier de la loi biogénétique fondamentale de Serres-Müller applicable à tous les végétaux anciens ou primitifs :

Toutes les fois que le corps se ramifie et quelle que soit la nature du rameau, tige ou pétiole, pétiolule de tout ordre, nervure, bractée, sporophylle (Lycopodiales), *sporangiophore* (Équisétales), *racine ou radicelle, la plante recommence son ontogénie.*

Ce résultat s'explique aisément par les raisons suivantes :

1° Chez les Fougères, stipes et pétioles sont coniques à leur base. Leur système vasculaire, conique lui aussi, est réduit vers le bas au plus petit calibre possible; 2° il en est de même des rameaux latéraux des *Equisetum*, des Calamariées et des Lépidophytes houillères. La partie la plus profonde des traces raméales (située d'ailleurs souvent bien au-dessous du nœud correspondant), répète la structure de la partie initiale du système vasculaire de la tige principale. En réalité, la répétition va habituellement beaucoup plus loin que l'ontogénie de la plantule : elle reproduit fidèlement la structure de la tige ou du *rhizome primordial* des ancêtres de la plante étudiée. En opérant de proche en proche et avec toute la prudence désirable, il est donc possible de lire à livre ouvert l'histoire des origines et du développement des principaux types des végétaux vasculaires.

La structure primitive conservée dans les traces raméales (*sensu lato*) est très généralement une protostèle à pôle central ou un faisceau tubulaire, quelquefois une haplostèle ou une microstèle. Nous en avons donné récemment trois exemples très nets : le premier chez l'*Osmunda regalis* (1), le second chez les Ptéridospermes (2), le troisième chez les Filicales primitives (3). Des faits que nous avons exposés se dégage invinciblement la conclusion que Filicales et Ptéridospermes sont issues d'ancêtres communs, qui possédaient un rhizome horizontal semblable à celui du *Botryopteris antiqua*. Une conclusion analogue se dégage de l'anatomie comparée des cônes fructifères des Équisétales (Santschi, 1935, *fig.* 8 et 15) et des Lycopodiales (de *Phylloglossum* en particulier); ici l'ancêtre commun avait

(1) *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 926.
(2) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 143-145.
(3) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 500-503.

un rhizome horizontal semblable à celui de l'*Asteroxylon Mackiei*. En remontant plus haut on abontirait, on le sait, aux Rhyniales.

Traces foliaires et traces raméales. — Conformément aux vues de H. Potonié, O. Lignier, A.-G. Tansley, il n'y a pas chez les végétaux anciens de distinction tranchée entre ce que nous appelons *tige* et *pétiole* : entre un axe à symétrie radiaire et un support à symétrie bilatérale. Autrement dit, quand un paléobotaniste s'efforce à retracer l'ontogénie et la phylogénie d'un pétiole en explorant la trace pétiolaire, il fait du même coup l'ontogénie et la phylogénie de la tige principale de la même plante.

Worsdell est le premier auteur qui ait proclamé la valeur ancestrale des traces foliaires. Il est aussi le premier qui ait fait observer que les pétioles de *Lyginopteris* et de *Stengeria* ne sont pas autre chose que des axes qui ont été rejetés latéralement et ont perdu la symétrie radiaire ([1]).

Le même fait est facile à vérifier chez *Tetrastichia bupatides* et chez *Calamopitys americana* (Cl. Read, *Calamopityeæ*, 1937, pl. 16 à 18). On comprend dès lors pourquoi les méristèles pétiolaires des Phanérogames sont fréquemment bi- ou quadri- fasciculées (Ptéridospermes, Cycadées). C'est qu'elles sont issues d'une protostèle à pôle central qui s'est divisée en deux, puis en quatre.

Remarque. — De la structure centrique de la protostèle, on passe directement à la structure excentrique plus ou moins accusée des faisceaux mésarches, puis de celle-ci à la structure endarche ou épiarche caractéristique des faisceaux foliaires des Angiospermes. Par suite, le deuxième cycle de l'évolution vasculaire selon Chauveaud (de la *structure alterne* de la racine à la *structure superposée* des faisceaux foliaires) n'existe pas. C'est ce qu'a fort bien démontré P. Bugnon (1933).

Racines. — Pour retracer l'histoire évolutive des racines, il faut explorer le pédicule des racines latérales et des radicelles de Fougères. Cet organe est à l'état d'haplostèle ou de faisceau à structure centrique.

BOTANIQUE. — *De la tige aérienne ou hampe florale chez* Eryngium maritimum *L*. Note de M. **Jean-Marie Turmel**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Chez *Eryngium maritimum*, la morphologie et la biologie nous ont conduit à classer les individus en deux groupes, les pieds stériles sans

([1]) *Ann. of Bot.*, 20, 1906, pp. 150-152 et suiv.

rameaux aériens et les pieds florifères à tige aérienne très ramifiée. Les plantes de ces deux groupes possèdent une tige souterraine de structure tout à fait normale (Costantin, 1883), absolument verticale et sans ramification, qui, dans les pieds adultes, peut atteindre plus de 1^m en profondeur.

Dans le premier groupe, la tige souterraine n'est couronnée que d'une rosette de feuilles s'étalant sur le sol, l'axe n'étant terminé que par un bourgeon placé sur un plateau terminal, au niveau du sol.

Dans le second groupe, au contraire, la tige souterraine se prolonge par un axe vertical très ramifié et forme l'axe de symétrie de la partie aérienne. Celle-ci, n'existant pas toujours chez *Eryngium*, ne peut donc être assimilée à une tige, organe primordial d'une plante, mais plutôt à un organe facultatif dont l'absence n'entrave en rien la croissance de la plante : c'est le cas d'une hampe florale. D'autre part, la tige aérienne n'existe jamais chez les très jeunes sujets et, pour les plantes adultes, se renouvelle chaque année.

De nombreux faits nous confirment dans l'hypothèse qu'il s'agit d'une hampe florale :

1° Tout d'abord, elle meurt et se brise chaque année comme le font tous les organes floraux; la seule partie vivace est la tige souterraine verticale.

2° Mort de ces organes; les organes foliaires des *tiges aériennes* jaunissent et meurent environ un mois avant les pieds stériles; souvent on trouve les *tiges florifères* complètement mortes et parfois même séparées de la souche alors que les feuilles basales sont encore vertes.

3° Variation absolument régulière des pièces appendiculaires : on note une série de transition complète depuis les feuilles de base les plus compliquées jusqu'aux sépales et même aux carpelles; ceci dénote la part, de plus en plus grande, que l'influence florale exerce sur l'organisation végétative, au fur et à mesure que l'on se rapproche des parties constituant la fleur. Cette variation graduelle des pièces foliaires nous conduit tout naturellement à faire une séparation absolue entre les organes foliaires qui sont sur cette hampe florale et ceux qui sont au sommet de la tige souterraine. Toutes les pièces appendiculaires, que les auteurs appellent *feuilles caulinaires* et qu'ils ne distinguent pas de véritables feuilles basales, ne sont que des bractées nettement différentes des feuilles par leur mode d'attache, par leur forme et les rapports de leurs parties composantes. Enfin, leur mode de vie en fait des bractées puisqu'elles ne se détachent pas de l'axe principal même après la mort de cet organe.

4° Régularité absolue de la ramification : les rameaux alternes divergent de la tige suivant des plans orientés à 120° l'un par rapport à l'autre et, de plus, l'angle qu'ils font avec l'axe central est sensiblement le même pour tous les rameaux : ceci implique un parallélisme rigoureux entre les rameaux 1-4-7; 2-5-8; 3-6-9.

5° Enfin la biologie de la floraison rassemble, en un tout très net, cet organe aérien : en effet chaque rameau n'a pas une individualité propre, mais est lié à tous les autres.

Tous les rameaux ont un développement concomitant : les capitules de même rang (tous ceux qui terminent les rameaux primaires, secondaires, tertiaires etc.) naissent, se développent, fleurissent, fructifient et mûrissent en même temps sur tous les rameaux à la fois, quelles que soient la *force* du rameau et sa position, ces deux états ne faisant varier que le nombre des fleurs sur le capitule et parfois le nombre des graines fertiles.

A cette homogénéité serrée de toutes les caractéristiques de la hampe florale chez le genre *Eryngium* (car il nous semble bien que tout ce que nous venons de dire se vérifie pour les autres *Eryngium*) s'oppose, à première vue, le désordre anatomique des feuilles : les unes ont une structure homogène comme *E. maritimum*, plante xérophytique et à feuilles très longtemps verticales; d'autres, à structure très réduite (*E. viviparum*), présentent des altérations profondes des parenchymes, dues au milieu aquatique. Pour une autre encore, tel *E. campestre*, la structure dissymétrique le rapproche, par sa biologie, des plantes des champs (Chermezon, 1910). Mais cette diversité, caractéristique végétative de l'espèce, va subsister dans toutes les pièces appendiculaires, et c'est seulement en corrélation avec cette structure que se fera la transformation florale.

Ainsi la morphologie et l'anatomie confirment l'hypothèse d'identité entre la prétendue *tige aérienne* et une hampe florale, et nous sommes en présence du terme de passage entre les organes où dominent respectivement les influences végétatives et sexuelles.

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques modifications pathologiques des plastes et sur la mise en évidence d'une membrane plastidaire.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

On sait que les plastes végétaux (leucoplastes, chloroplastes, chromoplastes) subissent facilement sous l'action des milieux hypotoniques, en

particulier dans l'eau distillée, une transformation en vésicules. Cette altération des plastes a été considérée comme irréversible d'une manière générale. Cependant, il ressort de nombreuses expériences que nous avons entreprises sur les poils aériens de plantes diverses (Courge, *Ecballium*, Bryone, *Hyoscyamus* etc.) que les plastes vésiculisés reprennent rapidement leur état antérieur si les cellules modifiées sont replacées dans un milieu normal permettant leur survie ([1]).

Des expériences préliminaires sur les poils aériens de la Courge ont montré que l'eau distillée produisait bien la vésiculisation des chloroplastes, mais seulement à la longue et dans des conditions telles que la reprise de vitalité cellulaire était alors impossible. Au contraire, si l'on produit cette vésiculisation par l'action de l'acide acétique dilué (eau acétique à 1 % ou à 1 ‰), l'altération est beaucoup plus rapide et la cellule, après élimination de l'acide acétique et le retour dans l'eau ordinaire, est capable de retrouver son activité vitale. Or, sur les cellules ainsi rappelées à la vie, les plastes reprennent assez vite leur aspect normal et bientôt toute trace de vésiculisation peut avoir disparu. La transformation des plastes en vésicules sous l'action de l'acide acétique dilué se montre donc parfaitement réversible dans les conditions de nos expériences, et ces phénomènes sont accompagnés de certaines particularités morphologiques non décrites jusqu'à présent et sur lesquelles nous désirons attirer l'attention.

Comme nous l'avons déjà indiqué dans une Note antérieure, les chloroplastes des poils aériens de la Courge, sous l'action de l'acide acétique faible, prennent l'aspect de grosses vésicules dans lesquelles le stroma vert est rejeté sur le côté sous forme d'un croissant; si l'altération est moins importante, le stroma prend une forme d'hémisphère, le restant de la vésicule formant un espace vide limité par une fine membrane (*fig. b*) ([2]).

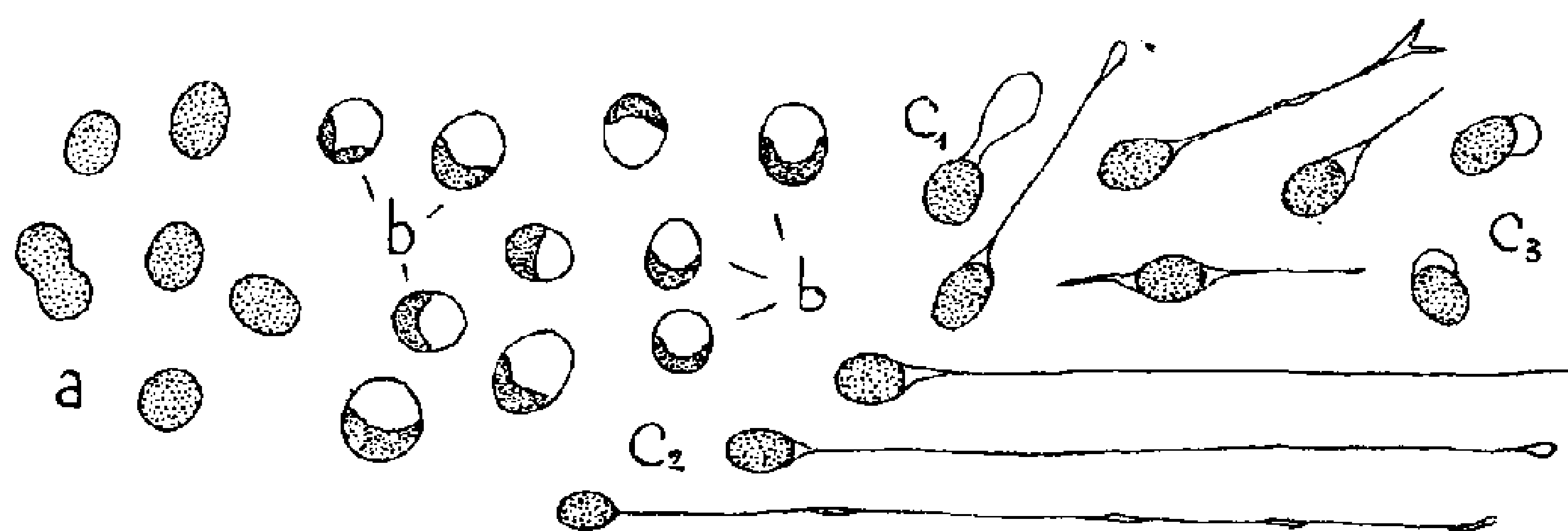
Lorsque les chloroplastes sont encore peu vésiculisés, il semble bien que leur retour à l'état normal se fasse simplement par le gonflement du stroma qui récupère peu à peu l'espace abandonné lors de sa contraction, mais si la vésiculisation est poussée plus loin, le plaste reprend bien sa

---

([1]) PIERRE DANGEARD, *Comptes rendus*, 212, 1941, p. 713; *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 766.

([2]) L'espace délimité par la vésicule n'est pas littéralement *vide*; de toute évidence il est occupé par un liquide, mais il ne représente pas non plus le stroma incolore dilaté comme l'admet à tort Beauverie (*Revue de Cytologie et de Cytophysiologie*, 3, 1938, p. 92).

force primitive et normale de disque ou de globule, mais il reste toujours une partie de la vésicule non résorbée, demeurant encore témoin de l'altération subie. Cette vésicule résiduelle pourrait facilement passer inaperçue par suite de l'extrême minceur de la pellicule qui la limite. D'autre part cette vésicule ne reste pas en état, mais, à mesure que la cyclose reprend dans le cytoplasme et en fonction de cette cyclose, elle change de forme et, par exemple, prend l'aspect d'une sorte de ballon rattaché au chloroplaste par une partie rétrécie (*fig.* c_1); les pressions exercées sur cette



vésicule peuvent amener son aplatissement et son étirement en un long filament qui présente la plus grande ressemblance avec un chrondrioconte, mais qui en diffère par sa rigidité relative, l'existence fréquente, à son extrémité, ou sur son trajet, d'une petite vésicule et par son rattachement au chloroplaste (*fig.* c_2). Les chloroplastes, dans les cellules en reprise, se trouvent ainsi fréquemment pourvus d'une sorte d'appendice dont nous venons de voir l'origine et qui peut atteindre en longueur sept ou huit fois leur diamètre propre. Parfois aussi des vésicules résiduelles peuvent demeurer sans se transformer en filaments (*fig.* c_3).

La formation de vésicules, puis la persistance, sous forme de longs prolongements filamenteux du reliquat des vésicules plastidaires, prouvent l'existence, contrairement à l'opinion de la plupart des cytologistes, d'une membrane propre autour des plastes. Cette membrane, capable d'être étirée et laminée, est douée par conséquent d'une grande plasticité; ses propriétés physiques rappellent un peu celle des chondriosomes et l'on peut supposer qu'elle a, comme eux, une nature lipoprotéidique. La membrane plastidaire en excès, attachée aux plastes sous forme de vésicule résiduelle ou de filament, est sans doute destinée à se détacher et à se résorber; en effet, si l'on examine à différents intervalles une cellule en voie de reprise, on voit que les restes de vésicules et les filaments disparaissent peu à peu à la surface des chloroplastes et que ceux-ci finissent, en

très grand nombre, par ne plus porter trace des altérations antérieures : ils ont subi une cicatrisation complète et ne diffèrent plus des plastes d'une cellule-témoin. Il faut donc supposer que les résidus vésiculaires ont été résorbés ou se sont détachés des plastes pour être ensuite éliminés, probablement par dissolution. On peut trouver d'ailleurs de ces queues plastidaires, isolées dans le cytoplasme, et dont le rattachement à un chloroplaste ne peut plus être tracé ([3]).

On voit donc que les chloroplastes, après avoir subi la vésiculisation, peuvent rétablir leur état antérieur, soit en reprenant par gonflement l'ancien espace qu'ils occupaient, soit en éliminant les restants de vésicules excédentaires, et rétablissent une nouvelle membrane sur leur emplacement, c'est-à-dire par un procédé rappelant un phénomène de cicatrisation. La cellule apparaît donc, comme l'organisme entier, douée d'un certain pouvoir de réparation et de régénération.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Potentiel d'oxydo-réduction du système hémoglobine-hydroperoxyde d'éthyle.* Note ([1]) de MM. **Michel Polonovski**, **Max-Fernand Jayle** et Mlle **Gabrielle Fraudet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Le mode et le point d'attache de l'oxygène moléculaire sur l'hémoglobine ne sont encore que l'objet d'hypothèses. Le seul argument solide repose sur l'action des oxydants minéraux qui, en transformant le fer ferreux en fer ferrique, chasse quantitativement l'oxygène fixé sur l'hémoglobine. Il existe d'ailleurs, en dehors des oxydants minéraux, de nombreux agents méthémoglobinisants tels que l'aniline, l'acétone, l'alcool etc. qui conduisent au même résultat. On en a conclu que toute *méthémoglobinisation* était incompatible avec la fonction respiratoire du pigment sanguin.

Nous avions déjà été frappés, lors d'une étude spectrographique et

([3]) Le sort des éléments de rebut (queues plastidaires, résidus des mitochondries etc.) ne peut pas encore être indiqué avec certitude. Certains de ces éléments semblent être résorbés rapidement dans la cellule en survie, d'autres s'accumulent, semble-t-il, aux pôles cellulaires comme substances de déchets soustraites à la cyclose générale du cytoplasme.

([1]) Séance du 8 décembre 1941.

manométrique de l'action des hydroperoxydes sur l'hémoglobine ([2]), du comportement très particulier de l'hydroperoxde d'éthyle qui, en réagissant moléculairement sur l'hémoglobine, n'en chasse pas l'oxygène. A première vue, cette observation semblait en opposition avec une interréaction du fer et du peroxyde et nous avait fait prématurément conclure qu'il se formait un dérivé d'oxydation supérieure du fer, compatible avec la conservation des valences de coordination qui fixent l'oxygène moléculaire. Cette constatation était contraire à l'interprétation de Klein et Hartree, qui supposaient, sans en donner la preuve expérimentale, que le peroxyde méthémoglobinisait d'abord l'hémoglobine, puis se combinait moléculairement à la méthémoglobine ainsi obtenue.

Nous avons demandé à l'étude électrochimique de ces réactions de faire le départ entre ces mécanismes différents.

Nous avons utilisé la même technique de mesures que celle décrite dans notre dernière Note ([3]).

Opérant sous azote ([4]), nous sommes partis de l'hémoglobine réduite et nous avons été surpris de constater qu'à pH 5,2 un seul équivalent d'hydroperoxyde réagit avec le pigment. On obtient une série de mesures aboutissant au potentiel de la méthémoglobine, mais s'inscrivant en une courbe ([5]) différente de celle de Conant, en ce sens qu'elle ne présente pas de point d'inflexion à tangente horizontale; elle est de même forme que celle que nous avons obtenue à partir du système méthémoglobine-hydroperoxyde ([3]).

Le composé formé se distingue de la méthémoglobine ordinaire par son instabilité (que l'on peut d'ailleurs diminuer par abaissement de la température) et par le fait qu'il ne donne pas naissance, en présence d'un excès d'hydroperoxyde, au dérivé à fer tétravalent précédemment mis en évidence ([3]). D'autre part, il se produit un phénomène d'autoxydation qui s'accompagne de la formation d'une mousse si abondante qu'il nous aurait

---

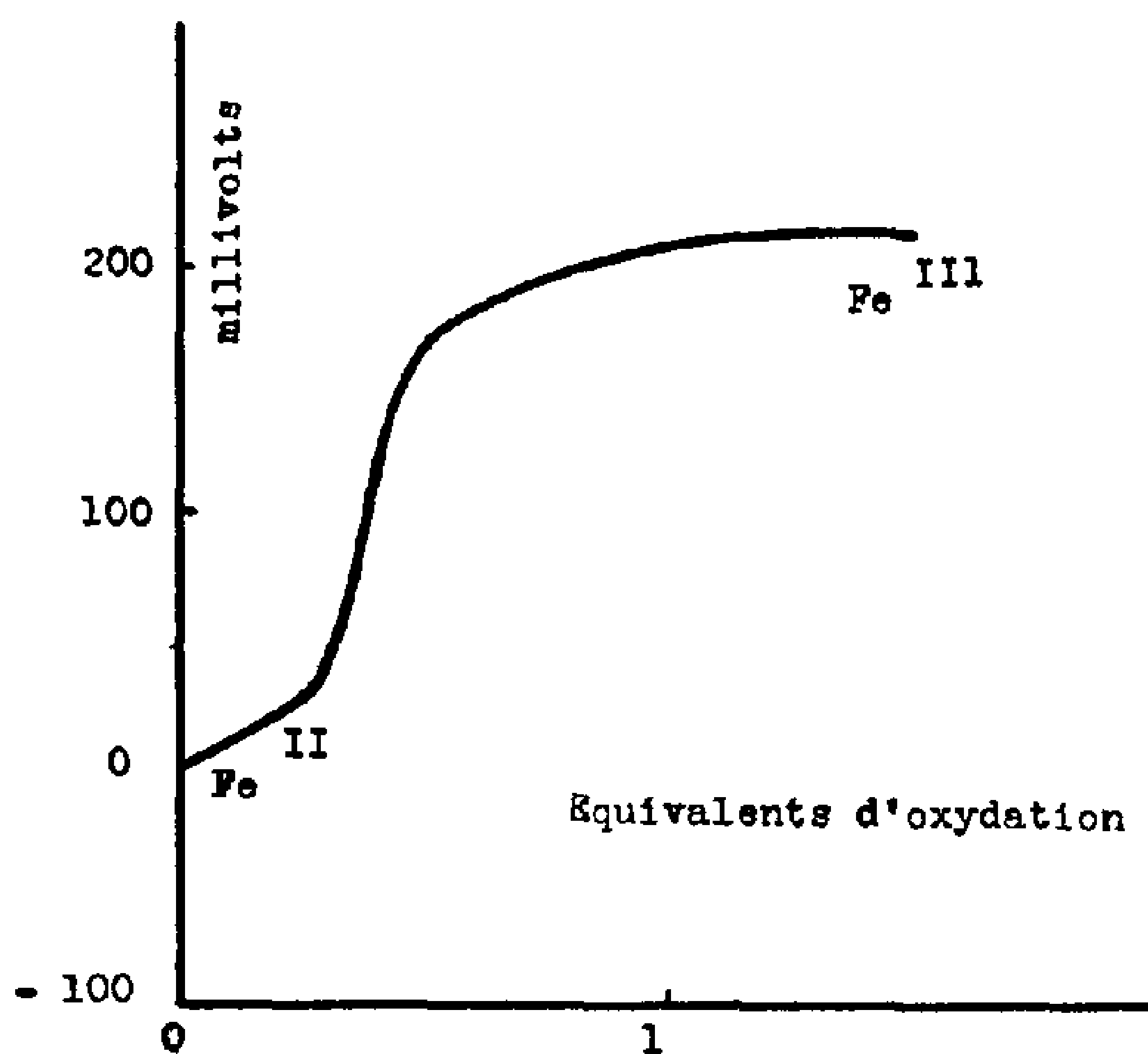
([2]) M. Polonovski, M.-F. Jayle et Mlle Glotz, *Bull. Soc. Chim. biol.*, n° 1, 1939, p. 48.

([3]) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 740.

([4]) En présence d'oxygène, l'oxyhémoglobine donne naissance dans les mêmes conditions à un dérivé trop instable pour que nous ayons pu jusqu'ici établir la variation du potentiel d'oxydo-réduction.

([5]) Il n'est pas possible de définir les potentiels normaux de ces dérivés instables à partir de ce graphique, car la représentation de leurs variations ne se superpose pas nécessairement à celle qui ressort de nos résultats expérimentaux.

été impossible de conduire une expérience à son terme si nous n'avions ajouté à la solution quelques gouttes d'alcool octylique.



En résumé, cette expérience démontre que l'hydroperoxyde d'éthyle oxyde le fer de l'hémoglobine à l'état ferrique; mais l'instabilité du dérivé obtenu et son incapacité à se transformer en un dérivé d'oxydation supérieure à fer tétravalent le distinguent de la méthémoglobine ordinaire.

On comprend alors que l'activité enzymatique de l'hémoglobine soit différente de celle de la méthémoglobine, puisque le dérivé instable d'oxydation intermédiaire n'est pas le même dans les deux cas. Avec l'hémoglobine, l'échange électronique fait passer le fer de la divalence à la trivalence et non à la tétravalence.

Enfin, il est particulièrement intéressant de rappeler que le fer hémoglobinique peut ainsi changer de valence sans que l'oxygène moléculaire additif soit nécessairement chassé de sa position.

On peut en conclure :

1° qu'il existe plusieurs dérivés d'oxydation de l'hémoglobine dont le fer est trivalent;

2° que l'activité enzymatique du pigment sanguin est parfaitement compatible avec son rôle de transporteur d'oxygène.

Il est donc vraisemblable que l'hémoglobine représente dans l'organisme humain plus qu'un réservoir d'oxygène et qu'elle participe par son activité enzymatique aux phénomènes d'oxydation biologique.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Influence du p-aminophénylsulfamide sur le développement de l'œuf d'Oursin. Effet sur la multiplication des blastomères et évolution des larves.* Note de M. **J.-André Thomas**, présentée par M. Charles Pérez.

L'action du *p*-aminophénylsulfamide sur les Bactéries, découverte par J. et Mme Trefouël, F. Nitti et D. Bovet (1), pose des problèmes dont l'importance pratique et théorique ne cesse de s'étendre. Le sulfamide arrête progressivement la multiplication de nombreux microorganismes protocaryotes, de Moisissures (2), d'un Flagellé leucophyte (3); il exerce une influence inhibitrice sur la croissance de plantes supérieures (2), (4). Est-il sans réelle efficacité sur la reproduction des cellules animales, dans l'organisme et *in vitro*, comme on tend à le croire? A-t-il, au contraire, la propriété d'agir, dans certains cas, directement ou non, sur divers mécanismes de la multiplication cellulaire, notamment de la caryocinèse animale?

Dans cette Note, nous nous limiterons à l'exposé de nos résultats concernant l'action globale du sulfamide sur le développement de l'œuf de *Paracentrotus lividus* Lk. Trois modalités expérimentales sont envisagées.

Conditions expérimentales. — Les œufs sont répartis en quantités sensiblement égales et fécondés dans des boîtes de Petri en pyrex de $6^{cm},5$ de diamètre, couvertes, contenant 20^{cm^3} d'eau de mer sulfamidée ou témoin. Toutes les solutions subissent les mêmes manipulations; elles sont préparées juste avant l'emploi; l'eau utilisée est puisée directement dans la mer, puis filtrée sur papier Laurent. Nous avons fait [Station Biologique de Roscoff, fin août-début octobre 1941 (5)] 7 séries d'expériences distinctes, comprenant en tout 85 lots de plusieurs centaines d'œufs. Les observations sont poursuivies à l'état vivant jusqu'à l'achèvement de la forme *pluteus* chez les témoins; de nombreux stades sont analysés, en outre, par les procédés histotologiques.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, 120, 1935, p. 756-758.

(2) E. Fourneau, J. et Mme Trefouël, F. Nitti et D. Bovet, *C. R. Soc. Biol.*, 122, 1936, pp. 652-654.

(3) A. Lwoff, F. Nitti, Mme J. Trefouël et Mlle V. Hamon, *Ann. Inst. Pasteur*, 67, 1941, pp. 9-36 (le Flagellé *Polytomella cæca* se comporterait comme un Phytoflagellé à cause de sa sensibilité au sulfamide).

(4) G. Mangenot et Mlle S. Carpentier, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, pp. 1053-1057, 1057-1060, 1152-1155.

(5) Le développement des œufs s'est révélé le plus souvent normal pendant cette période (sur la variation de leur sensibilité, voir G. Bohn, *C. R. Soc. Biol.*, 135, 1941, p. 1166-1168).

1° *Fécondation et développement dans le sulfamide.* — Le sulfamide à la concentration de 1 $^0/_{00}$ (ordre de grandeur de la dose agissant sur les bactéries) provoque seulement de légères perturbations chez un certain nombre de larves qui n'arrivent pas à une régulation totale (faible retard de la division de blastomères, *blastula* doubles, hyperplasie du mésenchyme, *pluteus* toujours plus ou moins globuleux et parfois déformés). A 2 $^0/_{00}$, l'évolution s'arrête au stade *gastrula* âgée atypique. A 3 $^0/_{00}$, elle est très altérée, le processus normal de la segmentation est bloqué; lorsque le stade II parvient à s'établir, les blastomères peuvent se diviser tardivement d'une façon irrégulière, inégale et indépendante, aboutissant à la création de larves très déformées nageant faiblement, puis dégénérant. A 4 $^0/_{00}$, le stade II est atteint exceptionnellement. A 5 $^0/_{00}$ enfin, la première division est complètement empêchée. La fécondation a lieu cependant : plusieurs œufs s'entourent de la membrane caractéristique. D'ailleurs quelques spermatozoïdes sont encore mobiles, entre lame et lamelle, 1 heure 30 minutes après leur immersion dans le sulfamide à 5 $^0/_{00}$ environ.

2° *Segmentation des premiers stades dans l'eau de mer, puis traitement définitif par le sulfamide à* 5 $^0/_{00}$ (M/34,4). — Ce traitement est appliqué aux stades II ou IV ou VIII. La segmentation normale est généralement bloquée au stade même de l'expérience, parfois au suivant; si quelques blastomères poursuivent isolément une division d'allure normale, des stades impairs apparaissent. Ensuite commence une évolution particulière. Les blastomères forment, dans leur région corticale tout d'abord, de petits éléments cellulaires, dont quelques-uns sont finalement rejetés, par un processus de divisions indépendantes, très irrégulières, inégales et plus ou moins incomplètes. Cette cytulation anarchique peut aboutir à la formation de larves rappelant en partie des *morula*, et qui, parfois même, s'essayent à quelques tentatives éphémères de rotation.

3° *Segmentation des premiers stades dans l'eau de mer, puis traitement pendant un temps limité par le sulfamide à* 5 $^0/_{00}$. — Après une intervention de cette sorte, les larves sont lavées puis remises dans l'eau de mer pure. Un traitement de 30 minutes, au cours du stade IV, modifie relativement peu le développement (*pluteus* voisins de la normale et atypiques). Si l'action dure une heure, les altérations sont beaucoup plus fortes (*pluteus* très anormaux). Si elle est prolongée deux heures, les larves restent à l'état de *blastula* très irrégulières à mésenchyme hyperplasié.

Lorsque le sulfamide agit pendant 6 heures, les résultats sont très

suggestifs. La cytulation anarchique corticale, dont il a été fait mention, survient peu après la nouvelle immersion dans l'eau de mer. Quelques heures plus tard, ces larves, où l'on reconnaît les sillons principaux du stade IV et dont le cortex n'est cytulé finement que dans certains territoires des blastomères bloqués, restant indivis dans les autres, commencent à tourner progressivement sur elles-mêmes; elles le font ensuite, d'une manière rapide et continuelle, se déplaçant légèrement. Bien qu'elles ne possèdent pas de véritable blastocœle, une ciliature provoquant cette rotation se développe à leur surface, comme s'il s'agissait de *blastula*. L'existence des cils, dont on observe le jeu à l'état vivant, est vérifiée par l'imprégnation argentique selon Da Fano. Ces larves sont vouées à la dégénérescence; elles cessent, en général, de se mouvoir après un jour.

La même expérience, pratiquée aux stades II et VIII, fournit des résultats de même ordre que ceux venant d'être indiqués. Les stades VIII, toutefois, produisent des larves dont la taille et la durée de vie sont un peu accrues : elles tournent encore sur elles-mêmes près de 41 heures 30 minutes après avoir été remises dans l'eau de mer. Un traitement de 16 heures au sulfamide permet encore la formation de telles larves ciliées, mais celles-ci ne vivent que quelques heures.

Ajoutons que l'évolution des larves dans le sulfamide, surtout de celles remises dans l'eau, s'accompagne d'une perturbation profonde et d'une hyperplasie énorme des noyaux. La ciliature apparaît néanmoins, et bien qu'il n'y ait pas de blastulation. L'organisme tend à suivre sa destinée, alors que la voie anatomique normale lui est interdite.

Dans des conditions différentes de celles nécessaires à l'obtention du bloquage de la prolifération bactérienne, le sulfamide exerce une puissante action d'arrêt sur la segmentation de l'œuf d'Oursin, à la suite de quoi des mécanismes spéciaux de régulation se déclenchent.

La séance est levée à 15h30m.

A. Lx.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 22 DÉCEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

En ouvrant la séance, M. **Hyacinthe Vincent** prononce l'allocution suivante :

Messieurs,

Parmi les devoirs qui s'attachent aux fonctions présidentielles, il en est un qui ne laisse pas d'éveiller, chez celui qui a la mission de le remplir, d'inévitables sentiments de tristesse : c'est celui d'évoquer les noms et de rappeler l'œuvre de ses Confrères disparus pendant l'année.

En soulignant une fois de plus les services qu'ils ont rendus à la Science et l'honneur qui en rejaillit sur notre Académie, l'occasion m'est, du moins, offerte de renouveler à leur mémoire nos profonds et unanimes regrets. Notre consolation, si c'en est une, c'est qu'ils ne partagent plus nos douloureuses préoccupations présentes :

Le trépas est un bien qui finit nos misères,

a dit Voltaire.

Nous leur gardons à tous un souvenir ému et reconnaissant.

Notre illustre Confrère **Charles-Émile Picard**, Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, a succombé le 11 décembre dernier à la suite d'une longue et pénible maladie. Sa mort est un deuil pour notre Assemblée, mais elle l'est peut-être plus encore pour la Science et pour notre pays, car les travaux de ce grand Français jouissaient d'une réputation universelle.

C.-É. Picard était né à Paris le 24 juillet 1856. Dès son adolescence, il manifestait une précocité d'intelligence et de jugement véritablement exceptionnelle. En 1874, il était admis le premier à l'École normale supérieure (section des Sciences) et le second à l'École polytechnique. Il avait alors 18 ans.

En 1877, il fut reçu également le premier au concours d'Agrégation des Sciences mathématiques.

Sa magnifique carrière scientifique et universitaire se déroule alors avec rapidité, à Paris comme Répétiteur, puis maître de conférences à la Faculté des sciences, à Toulouse comme chargé du Cours de Calcul différentiel et de Calcul intégral; puis à divers titres, à la Faculté des sciences de Paris jusqu'au jour où enfin il atteignit l'âge minimum nécessaire de 30 ans. Il fut nommé, le 1er novembre 1886, professeur de Calcul différentiel et intégral et, plus tard (30 novembre 1897), sur sa demande, professeur d'Analyse supérieure et d'Algèbre supérieure à la même Faculté.

En 1894, il avait été chargé de la Chaire de Mécanique générale à l'École centrale des Arts et Manufactures.

L'Académie des Sciences l'avait élu le 11 novembre 1889, dans la Section de géométrie, à la presque unanimité des voix. Il avait alors 33 ans. Il a présidé l'Académie en 1910 et a été élu Secrétaire perpétuel en 1917, succédant à Gaston Darboux.

La vie scientifique d'Émile Picard s'est signalée par les succès les plus éclatants. Ses travaux de Mathématique et de Physique l'on fait connaître chez les savants du monde entier. Il serait bien difficile de signaler ici l'ensemble de son œuvre, qui est immense, et dont l'énumération imprimée dépasserait une centaine de pages in-4°. Je rappellerai plus particulièrement le célèbre *Théorème de Picard*, ses travaux sur la *Théorie des équations différentielles et fonctionnelles;* sur les *Fonctions algébriques;* les nombreux *Théorèmes, Équations, Intégrales, Groupes,* etc., auxquels est attaché son nom; ses publications sur les *Fonctions indépendantes* qu'il a appelées *hyperfuschiennes* et *hyperabéliennes;* sur la *classe des hyperelliptiques* etc.

Appliquant ses conceptions et ses découvertes aux autres branches de la Science, en particulier à la Physique (et même à la Biologie dont il a parlé à diverses reprises) il disait très justement : « Plus une science se développe, plus on voit grandir le rôle du nombre ».

Ses ouvrages de Physique mathématique, ses publications sur l'Histoire des Sciences, sur la Philosophie scientifique etc., ont eu un grand retentissement.

L'Académie française l'avait élu en 1926 parmi ses Membres.

En 1932, il était élevé à la dignité de Grand Croix de la Légion d'Honneur.

Je rappellerai que l'Institut Mittag-Leffler, de Stockholm, lui a conféré sa grande Médaille d'or.

En 1939, l'Académie des Sciences a célébré solennellement le Cinquantenaire de l'élection de son illustre et vénéré Confrère et Secrétaire perpétuel. Ce fut l'apothéose émouvante de celui que Marcel Prévost avait appelé « un prestigieux investigateur »; de celui, encore, dont un grand mathématicien étranger, Torsten Carleman avait dit que ses travaux « ont renouvelé certaines parties de la Science mathématique » et que « son célèbre Théorème est un chef-d'œuvre d'imagination, de rigueur et d'élégance qui brillera toujours comme une étoile de première grandeur ».

Que pourrait-on ajouter à un tel éloge ?

J'éprouve personnellement une grande tristesse à rappeler la fin d'Émile Picard : une amitié particulière m'unissait à lui depuis longtemps. Tous ceux qui l'ont connu appréciaient sa bienveillance innée, sa noblesse de caractère, son esprit d'indépendance, ses idées de justice. Ils admiraient l'élévation de ses sentiments qui faisaient de lui un homme moralement comme intellectuellement supérieur. Le cœur était, chez lui, à la hauteur de sa raison et de son génie.

Né le 8 juin 1851, **Jacques-Arsène d'Arsonval** s'est éteint le 31 décembre 1940, après une vie consacrée tout entière à la Physiologie, à la Physique générale, à l'Électrothérapie. Dans chacune de ces branches de la Médecine, il s'est révélé un initiateur; dans chacune, il a apporté des découvertes qui ont illustré son nom.

Élu par notre Assemblée le 4 juin 1894 dans la Section de médecine, Arsène d'Arsonval a été son Président en 1917.

Il serait difficile de rappeler tous les travaux de ce grand savant si original par la pensée, digne collaborateur, puis continuateur de Claude Bernard dans sa chaire du Collège de France. L'étude de la chaleur animale et de son titrage calorimétrique, celle de la téléphonie, celle du choc électrique chez le Gymnote et la Torpille; ses publications retentissantes sur les courants de haute fréquence et leurs applications inattendues et si efficaces dans le traitement de certaines maladies; ses recherches sur la diathermie, sur l'électrocoagulation; les innombrables appareils nouveaux qu'il a introduits dans le laboratoire et dans la pratique médico-chirurgicale, lui ont valu une réputation universelle.

On lui doit encore, dans le domaine de la Biologie, des études appro-

fondées sur les gaz respiratoires, sur la toxicité de l'air expiré, sur l'enregistrement des phases d'excrétion de l'urée, sur le spectre d'absorption de l'hémoglobine, sur l'action microbicide de la lumière, etc.

La découverte du principe des sécrétions internes et de leur rôle puissant dans certains phénomènes organiques de haute importance, a été une révélation pour la Médecine. Brown-Sequard a reconnu que, dans cette œuvre d'une si grande portée, la part de d'Arsonval « était au moins égale à la sienne ». C'est là un titre de plus ajouté à tous ceux qui honorent la mémoire de l'illustre savant que fut Arsène d'Arsonval.

Auguste Béhal, l'un des représentants les plus éminents de la Chimie organique, faisait partie de notre Assemblée depuis le 31 janvier 1921. Né à Lens le 29 mars 1859, il a succombé le 2 février 1941, après une longue maladie.

Auguste Béhal a donné, pendant toute sa vie, l'exemple du travail et du dévouement à la Science. Ses études pharmaceutiques terminées, il concourut avec succès pour le titre de Pharmacien des Hôpitaux. Dès ce moment, il se faisait connaître par ses travaux sur les carbures acétyléniques.

Nommé en 1889 professeur agrégé à l'École de Pharmacie de Paris, il y fonda un enseignement de la Chimie organique en notation atomique. Il devint ensuite maître de conférences de Chimie organique à la Sorbonne et, en 1900, professeur de Toxicologie à la Faculté de Pharmacie, puis de Chimie organique à cette Faculté.

Il a été Président de l'Académie des Sciences en 1939.

L'œuvre scientifique de Béhal est considérable. Son rôle comme directeur de l'Office des produits chimiques ne l'est pas moins.

Il a consacré de nombreuses recherches à l'étude des carbures acétyléniques, à leurs réactions, à leurs espèces nouvelles, à leur classification. On lui doit des travaux originaux sur les produits de distillation du bois, sur le gaïacol cristallisé découvert par lui, sur l'homocrésol et les éthylphénols, sur les cyclénones, sur la constitution chimique de la cétone bicyclique qu'est le camphre, sur sa synthèse industrielle à partir du pinène.

Il a découvert les divers anhydrides mixtes de l'acide formique. Il s'est consacré avec Sommelet à la préparation des éthers oxydes de glycols et à celle des aldéhydes bisubstitués; avec Tiffeneau, à l'obtention de divers éthers de phénols naturels.

On lui doit la découverte de la chlorurée et celle de l'acide cyanurique.

La mort d'**Henri Lebesgue**, survenue le 26 juillet 1941, a mis le monde mathématique en deuil.

Il était né à Beauvais en 1875. Il franchit rapidement les échelons qui de l'École normale supérieure devaient le conduire, en 1910, à la Sorbonne, en 1921, au Collège de France, enfin en 1922, parmi nous, au fauteuil que la mort de Camille Jordan laissait vacant dans la Section de géométrie.

De nombreuses Académies étrangères l'appelèrent dans leur sein. Plusieurs Universités étrangères lui avaient conféré le titre de Docteur *honoris causa*.

L'origine de cette grande notoriété fut la découverte d'une intégrale aujourd'hui classique, connue sous le nom d'*intégrale de Lebesgue*, que les mathématiciens considèrent comme le principal algorithme créé depuis la série de Fourier pour l'étude des fonctions discontinues.

Venant au moment où d'autres mathématiciens français, imaginant une classification des fonctions, établissaient une méthode de mesure des ensembles, elle acheva de fournir les bases d'une théorie nouvelle des fonctions réelles, dont le développement fut rapide et considérable. Les chercheurs se spécialisèrent dans l'étude de celle-ci; des centaines de Mémoires, voire des périodiques spécialisés, lui furent exclusivement consacrés.

Dans ces domaines si abstraits, Lebesgue, doué d'un esprit critique et affiné, d'un sens profond des réalités, n'acceptait pas sans contrôle ce que d'autres considéraient comme suffisamment établi. Ses camarades racontent qu'à l'École normale, à la suite des cours où il était enseigné que toute surface applicable sur le plan est une surface développable, c'est-à-dire réglée, il les abordait malicieusement, un mouchoir froissé à la main, pour leur montrer une surface non réglée qui pouvait tout de même être appliquée sur le plan. Cette simple observation fut l'origine de ses études sur les surfaces applicables sur le plan.

Je ne puis ici que citer la nature des principales recherches par les résultats desquelles Lebesgue ouvrit des voies nouvelles à l'activité des mathématiciens de notre temps : notion des fonctions sommables, des fonctions barrière, étude de la convergence des séries de Fourier, des intégrales singulières, de l'ordre de la meilleure approximation d'une fonction, etc.

La science mathématique doit beaucoup à notre éminent et regretté Confrère que ses amis n'ont pas vu disparaître sans émotion.

Paul Sabatier était, depuis 1913, Membre non résidant de l'Académie

des Sciences; il fut élu le premier dans cette Section quand elle fut créée.

Chargé du Cours de Physique à la Faculté des sciences de Bordeaux, puis à celle de Toulouse, Paul Sabatier fut nommé titulaire de la chaire de Chimie dans cette dernière ville où, depuis lors, il n'a cessé de séjourner. Il a été doyen de la Faculté des sciences, puis recteur de l'Université de Toulouse.

Né le 5 novembre 1854, il est mort le 14 août 1941.

Il s'est fait connaître par ses travaux sur les sulfures métalliques, puis par ses études de thermochimie, auxquelles ont succédé ses nombreuses et fructueuses recherches relatives à l'analyse spectrale et aux spectres d'absorption de certains sels métalliques. Bientôt après, il abordait le domaine de la Chimie minérale (chlorure ferrique, chlorhydrates de chlorures métalliques tels que ceux du fer, du cobalt, du cuivre; composés du bore, etc.).

La seconde phase de l'activité remarquable de P. Sabatier a été consacrée à la Chimie organique dans laquelle il s'est particulièrement illustré, notamment dans l'étude des hydrocarbures, alcools, aldéhydes, cétones, amines, phénols, etc. L'utilisation systématique de la catalyse l'a conduit à des découvertes de premier ordre qui lui ont valu le Prix Nobel en 1912 : fixation de l'hydrogène sur de nombreuses combinaisons organiques, grâce aux propriétés du nickel; catalyses de sens inverse en fonction des modifications de température, accompagnées parfois de cyclisations; rôle analogue d'autres métaux (cobalt etc.); propriétés catalysantes des oxydes métalliques, aboutissant surtout à des déshydratations, etc.

Les applications de ces beaux travaux, dans les laboratoires scientifiques et industriels, sont sans nombre.

Paul Sabatier est l'un des représentants les plus éminents de la Chimie française.

Frédéric-Jean-Edmond Swarts a été Correspondant de notre Académie, dans la Section de chimie, depuis le 25 juin 1928. Il était né le 2 septembre 1866 à Ixelles. Il a succombé, à Gand, le 6 septembre 1940. Il a été professeur à l'Université de Gand.

Les travaux de Swarts sur les composés fluorés organiques ont une grande importance par leur nouveauté et par leur originalité. Ce sujet d'étude, remarquablement approfondi et abordé à l'aide de méthodes inédites, lui a valu une haute notoriété en Belgique et à l'étranger.

Des nombreux composés fluorés qu'il a obtenus il a déduit, par ses

recherches, des conclusions relatives à l'affinité du carbone pour le fluor, ainsi que les caractéristiques physico-chimiques des représentants organiques fluorés, des deux sels que forme la strychnine avec l'acide fluoro-chloro-bromacétique, etc.

La mort de Swarts a été une grande perte pour la Chimie et pour la Science.

La carrière de **Lucien Daniel**, Correspondant de notre Académie, a été consacrée tout entière à l'Anatomie végétale et à ses applications pratiques. Docteur ès sciences en 1890, professeur à la Faculté des sciences de Rennes en 1902, L. Daniel était né le 1er novembre 1856. Il a succombé le 26 décembre 1940.

L'Académie des Sciences l'avait élu Correspondant pour la Section de botanique le 10 mars 1930.

C'est particulièrement dans la culture des Crucifères, dans celle des légumes les plus divers, dans celle de la Vigne, dans la lutte contre le Phylloxera, etc., que s'est exercée sa grande activité. Ses recherches ont introduit des conclusions importantes aussi sur la nature de l'influence réciproque des symbiotes, leur postérité, leurs caractères acquis. Son *Étude sur la Greffe* a une valeur classique.

On a considéré Lucien Daniel comme le fondateur de l'Horticulture scientifique.

* * *

Messieurs,

Si le sort de tout ce qui est vivant est de disparaître tôt ou tard, si la mort est l'aboutissant simple et naturel de l'existence, on ne saurait oublier que la maladie vient sans trêve ajouter son influence néfaste à cette loi inéluctable. Ainsi qu'en témoignent, chaque année, les morts de notre Assemblée, elle additionne lourdement ses effets à ceux de la vieillesse. Mais les jeunes n'en sont point exempts. Ils lui paient, en tous pays, un tribut élevé. Je pourrais appuyer cette remarque sur des statistiques impressionnantes.

Il est toutefois consolant de savoir que ces dernières accusent une amélioration régulière de l'état sanitaire des populations et qu'elles manifestent, en particulier, une régression importante des maladies infectieuses. Les recherches scientifiques modernes, la mise en pratique des règles hygié-

niques et prophylactiques qui en découlent, ont, en effet, suscité de très grands progrès qui intéressent au plus haut point la santé publique.

C'est à ces progrès que l'on doit encore l'accroissement de la durée moyenne de la vie. D'aucuns nieront peut-être que l'évolution humaine vers une longévité plus grande présente un intérêt social. Je crois inutile de réfuter ces considérations : elles s'inspirent de la mentalité primitive de certaines peuplades africaines.

La santé est la condition primordiale de la vie pratique ou intellectuelle. « Elle est » a dit Descartes « le premier bien et le fondement de tous les autres biens de cette vie ». Si les maladies qui viennent en bouleverser le cours s'inscrivent aujourd'hui en courbe descendante, si les misères physiques et morales qu'elles impliquent tendent à s'éteindre, n'est-ce pas là une manifestation précieuse du bienfait social apporté à la civilisation moderne par l'œuvre de la Médecine ?

De nos jours où Esculape, fils d'Apollon, n'est plus un dieu, la science médicale s'est dégagée de l'empirisme nuageux du passé. En présence de la complexité extrême qui caractérise les fonctions biologiques normales aussi bien que leurs manifestations morbides, elle fait appel, pour les étudier et les interpréter, à la Chimie, à la Physique, à la Mécanique, à l'Histoire naturelle. Ces diverses sciences lui dispensent leur collaboration commune. Elle s'édifie sur leur ensemble méthodique et raisonné et leur apporte, à son tour, la consécration de ses découvertes. C'est pourquoi Claude Bernard a pu dire « que l'investigation médicale est la plus compliquée de toutes ».

Le physiologiste, le biochimiste, le bactériologue s'efforcent de condenser dans un tube à essai, de réaliser dans la cornue, de transposer chez l'animal une parcelle incertaine de la vie afin d'en étudier le mécanisme et ses défaillances. Ils sont des chercheurs de vérité.

L'idéal serait, sans doute, pour eux, de pouvoir ramener à des lois strictement définies les multiples phénomènes qui président au fonctionnement de l'organisme et aux perturbations sans nombre suscitées par la maladie. Aidées de la recherche expérimentale, nos pensées circonscrivent ces problèmes, elles en pénètrent la surface, mais elles s'immobilisent bien souvent devant l'obstacle plus lointain de l'inconnu ou de l'invérifiable. Émile Picard a donné l'explication de cette relative impuissance lorsqu'il a dit de la Biologie que, pour l'interpréter dans son entier, il serait nécessaire d'introduire un nombre immense de variables si on voulait construire des théories du même type que celles de la Physique.

La vie est, en effet, l'expression ou la traduction d'un ensemble infiniment complexe, mais harmonieux et discipliné, de phénomènes physico-chimiques et mécaniques adaptés à des fins spécifiques et ayant, en dernière analyse, pour raison fondamentale, la conservation de l'individu et celle de l'espèce. C'est une œuvre passionnante de s'attacher à l'étude de ses déviations pathologiques et de s'efforcer de déchiffrer les conditions étiologiques qui les commandent, afin de les prévenir ou d'y porter remède.

A cet égard, le déterminisme des maladies infectieuses, qui jouent un rôle prééminent dans la morbidité et la mortalité humaines, est devenu beaucoup plus accessible depuis que, parmi ces maladies, il en est qui sont susceptibles d'être reproduites expérimentalement chez l'animal. Certes nos méthodes n'en demeurent pas moins limitées dans leurs résultats. Pascal a dit « qu'une mouche tient la raison de l'homme en échec ». Cette pensée est toujours vraie. L'homme de laboratoire est incapable de construire artificiellement la plus humble cellule vivante, animale ou végétale. Mais il peut rendre cette cellule malade à l'aide d'un virus, d'une toxine ou d'un poison chimique. De même, ayant isolé le germe d'une affection transmissible, il peut reproduire celle-ci sans fin chez les animaux réceptifs.

Il peut même faire naître cette réceptivité chez l'animal normalement réfractaire. Dès lors, il lui est loisible de scruter toutes les phases de cette maladie et ses modalités diverses, d'en suivre pas à pas la marche et d'analyser les lésions anatomiques et histologiques qu'elle a déterminées.

Il y a plus. Par l'éducation patiente et progressive d'une bactérie banale, entièrement inerte et inoffensive, il a le pouvoir de modifier certains de ses caractères morphologiques, biologiques et culturaux. Il peut, en un mot, la faire évoluer, la transformer en type *S*, créer avec elle un agent pathogène nouveau et réaliser ainsi une maladie infectieuse inédite, ayant sa symptomatologie spéciale et capable de tuer en quelques heures le cobaye ou le lapin.

Inversement, il a la faculté de faire régresser ce germe dangereux et de produire avec lui un virus-vaccin protecteur; ou bien, l'ayant inoculé sous ses formes de plus en plus virulentes, il confère au sérum de l'animal des propriétés curatives spécifiques.

En conséquence, l'étude attentive de ces diverses maladies expérimentales ou artificielles et leur comparaison avec les processus infectieux qui sévissent sur l'espèce humaine ou animale, ont permis d'en déduire des notions d'un intérêt fondamental sur les conditions si longtemps incer-

taines qui président à leur éclosion et à leur développement. Les mêmes constatations ont conduit à d'autres conclusions non moins importantes relatives à la prophylaxie scientifique et au traitement de ces maladies microbiennes.

Roger Bacon a dit : « On peut, sur les vérités de fait, se passer du raisonnement si l'on sait se servir de l'expérience ». Ce qui précède démontre l'exactitude de cette opinion. C'est, en effet, dans l'atmosphère du laboratoire que naissent les conceptions et que s'édifient les connaissances d'où sont issus les progrès de la science médicale. Ces problèmes sont sans nombre. Mais il n'est peut-être pas un seul d'entre eux, même parmi les plus simples en apparence, derrière lequel ne se cachent des énigmes ou des mystères. Il y a plus. Nous vivons souvent en leur voisinage, nous les frôlons, en quelque sorte, chaque jour sans en soupçonner l'intérêt, peut-être parce que nos regards et notre esprit sont en familiarité continue avec eux. Nous sommes, à leur endroit, comme l'aveugle-né qui, ayant toujours vécu dans la nuit, ne soupçonne pas la splendeur magique de la lumière ni même sa réalité.

Il est pourtant, dans l'existence silencieuse du savant ou du penseur, des périodes trop rares pendant lesquelles, mal contenue par la rigidité de l'expérimentation ou par celle de la raison, l'imagination libérée un moment des chaînes qui l'immobilisent, prend son essor pour aller à la recherche de l'inconnu. Sous le voile obscur qui le dissimulait jusqu'alors, elle entrevoit des lueurs indécises de vérité. Parfois aussi, elle découvre tout à coup, avec surprise, des horizons radieux, des intuitions neuves, inattendues. Les minutes les plus précieuses de la vie intellectuelle sont, peut-être, celles qui répandent cette clarté fugitive mais féconde sur l'incertitude de la pensée....

Pourquoi nier le rôle de l'inspiration chez le savant ? Freinée par la rigueur du jugement et subordonnée au contrôle du laboratoire, elle conduit à la voie de l'invention ou de la découverte. Le savant n'est peut-être pas aussi éloigné qu'il le paraît de celui qui forge des vers ou qui condense un sentiment dans une expression musicale, de celui, encore, qui fixe la vie avec le pinceau, le ciseau ou le burin. Car lui aussi, il s'efforce de créer et, y étant parvenu, il est proprement un poète.

J'évoque, en prononçant ces mots, le souvenir des grands hommes qui, dans tous les domaines que se partage la Science, ont accompli des découvertes qui honorent l'humanité. Je songe, en particulier, à Claude Bernard, le génial fondateur de la Physiologie, à Louis Pasteur, à qui la Médecine

est redevable non seulement des méthodes et des travaux qui ont immortalisé son nom, mais encore des recherches qui leur ont succédé et qui en procèdent directement; car les investigations médicales et bactériologiques entreprises après lui n'en sont que la continuation rationnelle. Et, au risque de me séparer de l'opinion commune, je garde la conviction que, si Pasteur eût été médecin, son génie eût agrandi davantage encore le champ de ses admirables découvertes.

A coup sûr, celles-ci nous ont conduit à transformer les principes généraux de lutte contre les maladies virulentes. Nous avons appris qu'à côté de leur expression classique, presque toutes affectent des modalités multiples, dissimulées souvent sous des nuances atténuées, voire subtiles qui n'en propagent pas moins l'agent pathogène. Dérivée de la précédente, la notion des « porteurs de germes » est venue dissiper bien des incertitudes dans la doctrine de l'extension de ces maladies. Véritable science par ses principes fondamentaux comme dans ses applications techniques — qui réclament à un titre égal le concours du laboratoire — l'Épidémiologie a accompli, de nos jours, des progrès considérables dont a bénéficié la santé de tous.

Depuis Jenner, promoteur de la vaccination antivariolique, les travaux de Pasteur ont fait connaître la vaccination contre la rage, contre le charbon, contre le choléra des Poules, etc. A son exemple le laboratoire est parvenu à asservir et à éduquer d'autres virus, à s'en faire des collaborateurs dociles, à les transformer en vaccins protecteurs.

Dans ce domaine, les résultats fournis par l'immunisation active de l'homme contre certaines maladies de haute gravité sont dignes d'être notés. On a peut être oublié, en certains milieux, les incalculables économies de maladies et d'existences humaines réalisées par elle, depuis l'année 1910, chez près de treize millions d'hommes, de femmes, d'enfants, de vieillards vaccinés contre la fièvre typhoïde et les fièvres paratyphoïdes, non seulement en France, dans ses dépendances et ses colonies, mais encore en de nombreux pays étrangers. Certain témoignage historique a rappelé qu'on lui doit aussi une « grande part » dans le résultat de la guerre mondiale, par la protection puissante qu'elle a assurée à nos armées. A cet égard, celle-ci a constitué une immense et décisive expérience.

La fièvre typhoïde est, avec la variole, la plus évitable des maladies.

A la même époque, le choléra a disparu entièrement en Orient chez ceux qui, par milliers, ont été soumis à la méthode de vaccination fondée sur le même principe nouveau.

Plus récemment, la vaccination antidiphtérique, instituée par Ramon, a fait reculer la diphtérie, tueuse d'enfants et l'on ne saurait trop en féliciter son auteur. Le tétanos peut aussi être prévenu par la vaccination.

Appliquée en divers pays, la vaccination contre la peste, la fièvre jaune, la fièvre aphteuse, le méningocoque, etc. a donné des résultats pleins de promesses.

Mais la liste n'est pas close des maladies mortelles dont la Science triomphera tôt ou tard. Il n'est pas défendu de croire que certaines infections chroniques et rebelles seront vaincues à leur tour. Notre regretté Collègue Albert Calmette, en collaboration avec Guérin, s'était attaqué à ce difficile problème, à propos de la plus fréquente et de la plus redoutable d'entre elles, la tuberculose, qui détermine près de 13 pour 100 de la mortalité humaine.

Si la Prophylaxie se propose de conjurer les maladies, la Thérapeutique s'efforce de les atténuer ou de les guérir. Les méthodes modernes de traitement ont également bénéficié des travaux dus à la Microbiologie, à la Chimie, à la Physique. Nul n'ignore ce que l'on doit à la grande œuvre de la sérothérapie antidiphtérique de Behring et de Roux, à la sérothérapie antitétanique de Behring et Kitasato, à la sérothérapie antivenimeuse de Calmette, etc.

Je ne puis que mentionner ici les autres méthodes sérothérapiques récentes, employées efficacement dans le traitement d'une affection commune, la Colibacillose, ou de la septicémie streptococcique, habituellement mortelle.

La Chimie est, selon Ostwald, à l'origine principale du système énergétique des corps vivants. Pour cette raison, elle devait apporter à la Thérapeutique l'appoint de médications très nombreuses, dont quelques-unes de haute valeur : celle de Domagk a témoigné de la grande efficacité des sulfamides dans le traitement de diverses infections graves ou rebelles.

On doit être reconnaissant à M. et Mme Tréfouël, MM. Nitti et Bovet, d'avoir précisé la nature chimique du principe actif et d'avoir ainsi étendu l'essor de la sulfamidothérapie.

Par leur importance, les acquisitions de la Biologie ne le cèdent en rien à celles des autres branches de la Médecine. Qu'il me soit permis de rappeler la découverte des hormones, dont l'existence avait été démontrée par Brown Sequard et A. d'Arsonval; celle de l'insuline, déjà mise en évidence par Minkowski et par E. Hédon; celle de l'adrénaline; la notion de l'anaphylaxie; celle de l'alexine et des sensibilisatrices spécifiques dont les

mémorables travaux de J. Bordet ont défini le rôle en Immunologie; la culture des tissus (Carrel); les vitamines et leur synthèse chimique; le rôle des chromosomes dans l'hérédité; la découverte des ultra-virus, celle du virus cristallisé de la Mosaïque du Tabac etc.

L'énumération qui précède, déjà longue, ne traduit pourtant que d'une manière bien incomplète ce que l'on doit à la Médecine nouvelle.

La santé est une forme souvent insoupçonnée et toujours fragile du bonheur : la Médecine a l'ambition de la sauvegarder. Elle s'efforce encore, par les mesures d'hygiène générale et individuelle qu'elle prescrit, de fortifier le corps et l'esprit de l'enfant, de l'adolescent et de l'adulte. Est-il une tâche plus belle que celle qui se propose de préparer physiquement et moralement la race humaine à sa destinée et de l'élever à ce qui fait l'honneur et la dignité de la vie, je veux dire l'effort, le travail et le devoir ?

C'est ainsi qu'en ce siècle frémissant de haines et de conflits, la Médecine s'offre à tous comme un symbole de civilisation et de paix. Elle poursuit cette fuyante chimère de vouloir affranchir chacun, parfois malgré lui, de la maladie, source de tristesses et de souffrances sans nombre. Elle s'attache à réduire l'œuvre de mort répandue dans la nature. Elle atteste enfin aujourd'hui, elle dépassera demain ses réalisations fécondes et ses bienfaisantes promesses !



PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1941.

RAPPORTS.

MATHÉMATIQUES.

PRIX FRANCOEUR.

(Commissaires : MM. É. Picard, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, J. Drach, H. Villat, G. Julia, P. Montel; É. Cartan, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Vincensini**, professeur à la Faculté des sciences de Besançon, pour ses travaux de géométrie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉCANIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. É. Picard, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, L. de Broglie, A. Caquot; H. Villat, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Mazet**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux sur le frottement.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PONCELET.

(Commissaires : MM. É. Picard, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, A. Caquot; L. de Broglie, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Léon Brillouin**, professeur au Collège de France, pour l'ensemble de son œuvre en mécanique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PIERSON-PERRIN.

(Commissaires : MM. É. Picard, É. Borel, J. Drach, E. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie; A. Caquot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Adrien Foch**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les souffleries supersoniques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRY BAZIN.

(Commissaires : MM. É. Picard, É. Borel, J. Drach, É. Jouguet, A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie; A. Caquot, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Maurice Gariel**, directeur général des Ateliers Neyret-Beylier et Picard-Pictet, pour l'ensemble de ses études hydrauliques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ASTRONOMIE.

PRIX LALANDE.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Grenat**, astronome à l'Observatoire de Meudon, pour ses travaux de physique solaire.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DAMOISEAU.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Émile Sevin**, ingénieur des Ponts et Chaussées, en retraite, membre du Comité national français d'astronomie, pour ses travaux sur les Céphéides.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BENJAMIN VALZ.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot; Ch. Maurain, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Junior Gauzit**, astronome à l'Observatoire de Lyon, pour ses recherches de physique astronomique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX G. DE PONTÉCOULANT.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, E. Esclangon, Ch. Maurain, G. Fayet, B. Lyot; J. Chazy, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Pierre Sémirot**, astronome à l'Observatoire de Bordeaux, pour ses travaux de mécanique céleste.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LA CAILLE.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, H. Lebesgue, A. Cotton, Ch. Maurain, G. Fayet, J. Chazy, B. Lyot; E. Esclangon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **René Picher de Grandchamp**, astronome à l'Observatoire de Paris, pour ses travaux sur la Carte du Ciel.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



GÉOGRAPHIE.

PRIX GAY.

(Commissaires : MM. R. Bourgeois, G. Perrier, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel, É.-G. Barrillon; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Hélios Scaëtta**, pour ses travaux de pédologie en A. O. F.

M. Hélios Scaëtta est bien connu des géographes et des naturalistes. Il s'est distingué par ses explorations le long de la dorsale Congo-Nil et par

ses recherches sur la climatologie, l'écologie végétale et la pédologie de l'Afrique occidentale, auxquelles il a consacré de nombreuses et intéressantes publications.

Le prix Gay n'est malheureusement qu'une couronne déposée sur une tombe. M. Scaëtta vient de mourir prématurément en plein travail.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ALEXANDRE GIVRY.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, R. Bourgeois, G. Perrier, Ch. Maurain, L. Lapicque, J. Tilho, G. Durand-Viel; É.-G. Barrillon, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix de 2000fr à M. **Léon Pélissier**, ingénieur-hydrographe en chef de 1re classe, pour l'ensemble de son œuvre hydrographique.

M. Pélissier s'est signalé, au cours d'une carrière particulièrement bien remplie, par l'importance des levés qu'il a exécutés en France et aux Colonies et par la contribution la plus heureuse au développement de notre cartographie maritime. Il y a lieu de citer d'une façon spéciale : *a*. La réédition du Planisphère terrestre en trois feuilles, projection Mercator, utilisé à bord de tous nos navires; *b*. Le rattachement géodésique de l'île Poulo Condor au continent asiatique; *c*. La reconnaissance de l'îlot volcanique « Ile des cendres » apparu de façon éphémère, en 1923, dans la mer de Chine, au large de la côte de l'Annam.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



CHIMIE.



PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Razous**, professeur d'hygiène industrielle à l'École spéciale des Travaux publics, pour ses

recherches sur l'épuration et l'utilisation des eaux résiduaires industrielles.

M. Paul Razous avait déjà obtenu une mention très honorable de la Fondation Montyon en 1899 pour ses publications dans le domaine de l'hygiène industrielle. La vue d'ensemble qu'il a soumise à l'Académie sur l'épuration et l'utilisation des eaux résiduaires industrielles montre que les problèmes d'hygiène l'intéressent toujours et la Commission, après examen de son manuscrit, qui contient de nombreuses mises au point et des vues personnelles sur les solutions à envisager pour l'assainissement des cours d'eau, propose d'attribuer le prix Montyon des Arts insalubres à M. Paul Razous.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JECKER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau; M. Tiffeneau, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mme **Maurice Ramart**, née **Pauline Lucas**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de chimie organique et pour le développement qu'elle a donné à la spectrochimie.

Mme Ramart a consacré toute sa vie scientifique à la chimie organique. Elle a débuté dans cette science sous la direction de Maîtres éminents tels que M. Haller et M. Fourneau. Elle y a acquis une discipline et une maîtrise qui lui ont permis d'aborder fructueusement un domaine que, depuis 12 années, elle a fait sien, la spectrochimie. Toutes ses recherches et celles de ses élèves ont été appliquées à la solution de nombreux et difficiles problèmes qui intéressent cette branche de la chimie. Ce sont les résultats importants acquis par Mme Ramart dans cette voie que l'Académie des Sciences a tenu à récompenser par l'attribution de la totalité du prix Jecker dont elle avait déjà obtenu une partie en 1933.

L'intérêt qui s'attache aux recherches de spectrochimie est considérable. On sait en effet que l'absorption de la lumière par les composés organiques, aussi bien dans l'ultraviolet que dans le visible, peut être influencée soit par de faibles variations dans le mode d'enchaînement des atomes, soit par les relations plus ou moins médiates existant entre ce

atomes à l'intérieur des molécules. On conçoit qu'on puisse ainsi non seulement contrôler ou préciser les structures moléculaires, mais surtout connaître les influences qui s'exercent soit entre les éléments constituant le support de l'édifice moléculaire, soit entre les divers groupements ou atomes qui y sont fixés.

Les recherches de Mme Ramart sur les spectres d'absorption des corps organiques, commencées vers 1927, lui permirent tout d'abord de mettre en doute la validité de la plupart des lois proposées jusque là pour fixer les relations entre la structure des composés organiques, leur réactivité chimique et leur absorption. Les mesures de l'absorption d'un grand nombre de substances optiquement pures lui ont permis d'établir à cet égard des règles sûres qui, par la suite, se sont trouvées vérifiées dans tous les cas étudiés.

Ce sont les résultats de ces premières recherches qui ont valu à Mme Ramart l'attribution, en 1933, d'une partie du prix Jecker; ils ont été exposés à cette époque dans le rapport de M. Urbain.

Depuis lors Mme Ramart, tout en développant ses travaux sur les spectres ultraviolets, a entrepris l'étude spectrale des composés colorés dans le visible.

Après avoir observé que la fermeture d'une chaîne peut être accompagnée d'un changement d'absorption attribuable à une déformation des angles valentiels, elle a montré que ce phénomène peut être également provoqué soit par la présence de chaînes très ramifiées, soit par suite d'une attraction ou d'une répulsion s'exerçant entre les fonctions présentes dans la molécule.

Elle est parvenue à isoler des isomères pour lesquels les différences de propriétés ne peuvent être attribuées qu'à des différences dans la valeur des angles valentiels et elle a pu découvrir ainsi un nouveau type d'isomérie dans lequel les isomères diffèrent non seulement par leurs propriétés physiques, mais aussi par la vitesse de leurs réactions, sans que soient altérés leurs caractères fonctionnels.

Plus récemment, Mme Ramart a entrepris une étude générale concernant la structure des colorants d'après leurs spectres. On sait la grande diversité des hypothèses émises à ce sujet. Après avoir étudié un nombre important de colorants appartenant aux séries les plus variées, elle a pu établir qu'aucune des hypothèses émises ne peut être regardée comme générale et que la plupart d'entre elles sont à écarter définitivement. Elle a de plus montré que la couleur des molécules peut être expliquée par un couplage

entre les chromophores présents dans chacune d'elles. L'ensemble des résultats obtenus a déjà permis de préciser dans beaucoup de cas la structure de ces composés et de montrer notamment que les colorants hydroxylés dérivés du triphénylméthane (benzaurines, phtaléines et sulfonephtaléines), les rhodamines, ainsi que les dérivés aminés du triphénylméthane à l'état de bases libres, peuvent coexister sous plusieurs formes tautomères dont jusqu'ici on n'avait pas, dans la plupart des cas, signalé l'existence.

On peut se faire une idée de l'immense effort et du labeur considérable accompli par Mme Ramart en notant que l'étude spectrale effectuée par elle a été appliquée à plus d'un millier de substances, dont un grand nombre n'étaient pas connues, et que la préparation de celles-ci a parfois exigé la mise au point de méthodes de synthèse délicates et nécessité le plus souvent de très laborieuses purifications.

L'œuvre ainsi accomplie par Mme Ramart, en pénétrant plus avant dans la structure des corps, se montre du plus haut intérêt, car il n'est point de propriété physique, chimique ou même physiologique qui ne soit liée à cette structure et conditionnée par elle.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CAHOURS.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Javillier, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Jean Courtois**, pharmacien des hôpitaux, pour ses recherches sur les phosphatases.

M. Jean Courtois a cherché à savoir si les α et β-glycérophosphates sont hydrolysés par des ases différentes ou si leur dédoublement est justiciable d'une même phosphatase. C'est à la notion d'une glycérophosphatase unique qu'aboutissent tous les faits (action des facteurs physiques et chimiques; étude de l'affinité, de la vitesse maxima d'hydrolyse, du pouvoir fixateur; tentatives de séparation). Les phosphatases végétales appartiennent à deux groupes. Les unes (phosphatase d'amande) présentent un pH optimum de 5-6; les autres (takadiastase), un pH optimum

de 3,9-5,2; l'action des agents chimiques est différent d'un groupe à l'autre.

La phosphatase d'amande, comparée à la phosphatase rénale, ne présente qu'une faible activité synthétisante; cette activité, comme celle de la phosphatase du rein, s'exerce de façon préférentielle sur la fonction alcool primaire. Cette phosphatase hydrolyse non seulement l'acide glycérophosphorique, mais encore d'autres mono-esters phosphoriques.

Les travaux de M. J. Courtois, qui mettent notamment en évidence l'importance de l'affinité dans la cinétique des réactions diastasiques, témoignent d'une connaissance affinée de ces réactions et du meilleur sens expérimental.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX BERTHELOT.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau; M. Tiffeneau, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M[lle] **Germaine Cauquil**, maître de conférences adjoint à la Faculté des sciences de Montpellier, pour ses travaux de synthèse dans la série cyclanique, qui comportent l'étude de problèmes théoriques intéressants et que compliquent parfois des transpositions moléculaires avec raccourcissement de cycle.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HOUZEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, R. Fosse, R. Lespieau, M. Javillier, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Delépine, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Lefebvre**, professeur à la Faculté des sciences de Lille, pour ses travaux de chimie minérale et sur la houille.

M. Lefebvre a d'abord étudié l'action chimique de la décharge électrique dans les gaz sous faible pression à titre de Thèse de Doctorat, puis, s'inspirant des nécessités de la région où il professe, il s'est orienté vers la

houille : peptisation, oxydation, grisous, pyrogénation, propriétés des brais, pouvoir calorifique d'après les méthodes d'analyse industrielle courantes, graphitisation du coke; enfin, s'occupant des catalyseurs à base de Fe, Ni, Co, il en a étudié la structure aux rayons X, les propriétés thermomagnétiques etc., pour tenter de les relier à leur activité dans les synthèses qu'ils provoquent.

Ces travaux ont retenu l'attention de la Commission.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION CH.-ADAM GIRARD.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, G. Bertrand, M. Delépine, R. Fosse, R. Lespieau, P. Lebeau, M. Tiffeneau; M. Javillier, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Désiré Leroux**, chef de travaux de chimie agricole au Conservatoire national des arts et métiers, pour faciliter la poursuite de ses travaux de chimie agricole.

Depuis 1923, M. D. Leroux a publié un ensemble de recherches intéressant la chimie agricole (acide phosphorique des sols, combustion de la matière organique, fixation de l'azote etc.), un Ouvrage sur l'étude expérimentale du sol et plusieurs études historiques (Bernard Palissy, Lavoisier, A. Th. Schlœsing, Boussingault). M. D. Leroux poursuit en ce moment même des recherches sur les oligoéléments et le développement des végétaux cultivés. Il s'agit, en toutes circonstances, de consciencieux et solides travaux. L'attribution de la Fondation Ch.-Ad. Girard constituera à la fois une récompense pour les travaux antérieurs et une aide pour les recherches actuellement en cours.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

PRIX DELESSE.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie; Ch. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Raymond Ciry**, chargé de conférences à la Faculté des sciences de Dijon, pour ses recherches géologiques dans les provinces cantabriques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX FONTANNES.

(Commissaires) : MM. A. Lacroix, P. Sabatier, A. Cotton, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie; L. Cayeux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M[lle] **Dorothée Le Maître**, chargée de recherches, attachée au laboratoire de géologie de la Faculté catholique de Lille, pour ses travaux de paléontologie.

L'activité scientifique de M[lle] D. Le Maître s'est partagée, en presque totalité, entre l'étude du Dévonien de France et la géologie du Maroc. Une de ses premières études, consacrée aux Stromatoporoïdes de la zone d'Etrœungt, fut suivie d'une description des calcaires dévoniens de la bordure méridionale du Bassin d'Ancenis, attribués au Givétien, et qu'elle rapporte à l'Eifélien inférieur. Par les enseignements qui en découlent, ce dernier Mémoire a servi de point de départ à la révision des formations coralliennes des Alpes carniques.

M[lle] Le Maître s'est ensuite attachée à l'étude des Spongiomorphides, recueillis par l'Abbé Dubar dans le Lias du Maroc, et jusque-là inconnus dans ce terrain. La compétence qu'elle a acquise sur les formations dévoniennes lui a valu deux missions, en 1938 et 1939, pour étudier sur place les formations du Dévonien marocain. Entre autres résultats obtenus,

ses récoltes ont mis en évidence les faits suivants : 1° Les masses calcaires de la région de Mechra ben Abbou, d'âge supposé carbonifère, sont dévoniennes; 2° La forme du gisement de Hamar Lagdad appartient à l'horizon des calcaires de Konieprus (Bohême); et le récif à Polypiers de la piste d'Erfoud doit être rapporté à l'Eifélien et non au Givétien etc.

Enfin, sa connaissance approfondie des calcaires construits et de leur faune lui a fourni les éléments d'une étude d'intérêt général sur la succession et l'évolution d'organismes constructeurs des calcaires au Paléozoïque et au Mésozoïque.

Le vote unanime de la Commission en faveur de Mlle Le Maître se trouve pleinement justifié par la précision de sa documentation, non moins que par la rigueur de ses démonstrations et l'intérêt qui s'attache aux résultats obtenus.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX VICTOR RAULIN.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie; Ch. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Laffitte**, préparateur de géologie au Muséum national d'histoire naturelle, pour ses travaux géologiques sur l'Afrique du Nord.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JOSEPH LABBÉ.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Jacob, Ch. Mauguin, E. de Margerie; F. Grandjean, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jacques Desrousseaux**, ingénieur au corps des mines, pour ses recherches de géologie appliquée.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX ANDRÉ-C. BONNET.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P. Sabatier, A. Cotton, L. Cayeux, Ch. Mauguin, F. Grandjean, E. de Margerie; Ch. Jacob, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **Geneviève Delpey**, docteur ès sciences, chargée de recherches, pour ses travaux de paléontologie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

BOTANIQUE.

PRIX DESMAZIÈRES.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, H. Colin; A. Chevalier, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Malençon**, phytopathologiste du Service de défense de cultures, à Rabat, qui a apporté, depuis une vingtaine d'années, à l'étude des Champignons supérieurs et particulièrement des Gastéromycètes et des Hypogées des contributions importantes qui traitent à la fois de leur systématique, de leur développement et de leur phylogénie. A côté de diverses Notes de floristique sur les Hyménomycètes, les Urédinées et les Discomycètes de France et du Maroc, M. Malençon a publié plusieurs Mémoires sur les Astérosporés, les *Battarraea*, les Phellorinées dont il a décrit minutieusement les divers stades de croissance et les caractères anatomiques. Dans ces diverses études, il a marqué le souci de rechercher les homologies, les filiations et les convergences, et il a apporté sa part essentielle au développement de la conception qui croit pouvoir établir entre Gastéromycètes et Agarics des parentés, dont il a su découvrir des preuves nouvelles en ce

qui concerne principalement les Lactario-Russulés et les Hypogées astérosporés.

Récemment (1938), il a publié une remarquable monographie des Truffes européennes, dans laquelle il émet des idées nouvelles sur la filiation morphologique des Discomycètes operculés semi-épigées et hypogées.

M. Malençon a également publié plusieurs Notes sur les maladies cryptogamiques des cultures nord-africaines et il a su découvrir l'agent pathogène, un *Fusarium*, qui provoque la grave maladie du *bayoud*, sévissant sur les palmiers-dattiers du Sud-marocain.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MONTAGNE.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier; H. Colin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Robert Lami**, assistant de cryptogamie du Muséum national d'Histoire naturelle, pour ses recherches sur les Algues marines et les services rendus aux algologues, systématiciens et biologistes.

Les travaux de M. Lami sur les Algues marines tiennent une grande place dans son œuvre scientifique; il s'y montre en toutes circonstances systématicien averti, capable de dresser l'inventaire algologique des régions les plus diverses, côte malouine, embouchure de la Rance où Mangin, sur les conseils de Charcot, avait transporté le laboratoire maritime du Muséum, région ibéro-marocaine, côte basque, rivage Nord et Sud du Portugal, littoral de la Guadeloupe, Grand Lac Amer de Basse-Égypte.

La répartition géographique des espèces est le complément de la systématique, le plus grand nombre des publications de M. Lami s'y rapportent, dont plusieurs de grand intérêt, sur des stations nouvelles, sur un *Fucus* panaché, sur les Algues des grottes et anfractuosités littorales, sur les brumes et nébulosités régionales, comme facteurs possibles de la répartition géographique des Algues marines, etc.

On doit en outre à M. Lami d'intéressantes observations de biologie marine sur les variations de salinité et d'alcalinité de l'eau de mer dans les

cuvettes littorales, dans *Codium Bursa*, sur la libération de l'iode des ioduques de *Bonnemaisonia asparagoïdes* sous l'influence des *rayons ultra-violets*, sur un essai de propagation de *Fucus lutarius* dans la Rance, etc.

Tous ces travaux désignaient M. Lami à l'attention de la Commission. Ajoutons qu'il assure, depuis 1930, la codirection de la *Revue Algologique;* c'est à lui que la Direction de la Recherche Scientifique a demandé un rapport détaillé sur l'emploi des Végétaux marins des Côtes de France.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DE COINCY.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Molliard, L. Blaringhem, A. Guilliermond, A. Chevalier; H. Colin, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Antoine de Cugnac**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour ses études sur les hybrides de Bromes.

Croisement des genres *Elymus* et *Agropyrum*, bien que leurs glucides (fructosanes) respectifs ne soient pas identiques; étude biochimique de l'hybride *Agroelymus Piettei* dont le fructosane est celui des *Agropyrum;*

Reconstitution expérimentale d'une Graminée éteinte, *Bromus arduennensis* var. *villosus*, par le croisement de la forme typique de l'espèce, seule conservée dans les jardins botaniques, avec *B. grossus;* obtention corrélative de *B. grossus*, var. *nitidus*, qui subsiste à l'état spontané comme témoin génétique du croisement ancien des deux espèces, au temps où *B. arduennensis* était spontané lui aussi;

Examen chromosomique de plusieurs espèces de *Bromus* en vue d'établir leurs affinités; il en résulte : 1° que *B. arduennensis*, *grossus* et *secalinus*, dont les croisements sont mendéliens en dépit de différences morphologiques très appréciables, ont tous les trois le même nombre de chromosomes ($2n = 28$); 2° que *B. rigidus* et *B. macrantherus*, souvent mal distingués de *B. Gussonei*, s'en écartent par le nombre des chromosomes, 42 pour les deux premiers, 56 pour l'autre; celui-ci a été obtenu par M. de Cugnac comme résultat du croisement *B. sterilis* (14) $\times$ *B. macrantherus* (42), d'où le chiffre ($42 + 14$) de ses chromosomes;

Préparation et description du fructosane des *Bromus*, distinct de celui des Fétuques, mais identique à celui des Ivraies; son absence chez une espèce controversée entre les deux genres *Bromus* et *Festuca* permet de la rattacher sans conteste aux Fétuques (*F. gigantea*);

Identification du fructosane des *Aegilops* avec la lévosine de Tanret, le glucide du Blé, du Seigle et de l'Orge, qui n'avait pas été signalé jusqu'ici dans d'autres plantes;

Tels sont les résultats obtenus par M. de Cugnac ces dernières années et qui semblent mériter l'attribution du prix de Coincy.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ECONOMIE RURALE.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE.

(Commissaires : MM. P. Marchal, É. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, G. Moussu, M. Javillier; É. Schribaux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Crépin**, directeur de la Station centrale d'amélioration des plantes de grande culture, pour ses travaux sur le Blé, l'Avoine, la Pomme de terre et la Luzerne.

Il n'est pas une de ces cultures, les plus importantes de l'industrie agricole, qui n'ait bénéficié grandement des sélections de M. Crépin. Le Blé et l'Avoine, qui tiennent la première place dans notre économie rurale, ont tout spécialement retenu son attention.

Depuis une vingtaine d'années, nous assistons à une floraison extraordinaire de blés sélectionnés, dits blés à grands rendements. Ces blés nouveaux, dont on a fait si souvent l'éloge, présentent le défaut d'être *tous* sensibles au froid, ce qui ne permet pas de les cultiver dans l'Est de la France et à une altitude un peu élevée. Dans les régions considérées comme le grenier à blé de la France, en Brie, en Beauce, dans le Nord et

dans l'Ouest, survienne un hiver rude, tous les blés à grands rendements sont largement décimés et parfois anéantis. La récolte en Blé de 1891 n'a été que de 58 millions de quintaux, contre 83, moyenne des 5 années précédentes, soit un déficit de 25 millions de quintaux causé par le froid, d'une valeur de 5 milliards de francs de notre monnaie actuelle. Sur 5 millions d'hectares emblavés en blé en 1938-1939, l'hiver en a détruit radicalement 2 millions, soit une perte d'au moins 6 milliards de francs actuels. L'hiver de 1939-1940 a causé également de grands ravages qui n'ont pas peu contribué aux difficultés actuelles de ravitaillement.

Jusqu'à ces dernières années, résistance du Blé au froid et grande productivité étaient considérés, comme des caractères antagonistes. Heureusement il n'en est pas ainsi. M. Crépin en a fourni la preuve décisive. Son blé *Côte d'Or*, le premier de la série de ses variétés de haute productivité résistantes au froid, a tenu admirablement en 1938-1939 et pendant les deux derniers hivers.

D'autres ne tarderont pas à suivre, supérieurs encore à *Côte d'Or*, à cause d'une moindre sensibilité aux rouilles et surtout aux variétés de carie isolées au cours des dernières campagnes.

C'est en montagne, dans le Jura, en recourant à une installation très ingénieuse et très originale, permettant des comparaisons d'une grande rigueur scientifique, que M. Crépin a installé les microcultures qui lui ont permis de voir clair dans les phénomènes relatifs à l'action du froid sur les céréales. Le 3 décembre 1938, c'est-à-dire le troisième jour d'une forte gelée, alors qu'aucun dégât n'était apparent, M. Crépin annonçait que la plupart des blés de la moitié du Nord de la France étaient détruits, ce qui s'est rigoureusement vérifié par la suite.

Ces prévisions, fournies de très bonne heure aux agriculteurs, présentent un intérêt pratique et économique considérable sur lequel il est inutile d'insister.

Réunir dans un Blé de haute productivité un remarquable ensemble de qualités culturales, la résistance au froid en particulier, comme l'a fait M. Crépin, est un événement très important, qui marquera dans l'histoire de la culture du blé en France.

La Commission, à l'unanimité, a été d'avis de récompenser M. Crépin, pour l'ensemble de ses travaux de sélection, et plus spécialement, pour la création de blés à grands rendements résistants au froid.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX NICOLAS ZVORIKINE.

(Commissaires : MM. P. Marchal, E. Leclainche, G. Bertrand, L. Blaringhem, L. Lapicque, R. Fosse, G. Moussu, M. Javillier; É. Schribaux, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Auguste Damalix**, secrétaire général de la société d'horticulture de Quimper et de Châteaulin, pour ses travaux sur l'amélioration des productions fruitières et potagères dans le Finistère.

Le Finistère, région de très petite culture, est sans doute le département qui a réalisé le plus de progrès en horticulture au cours des 50 dernières années, progrès qui ont entraîné une sérieuse amélioration du bien-être de la population paysanne, celle à laquelle s'intéresse tout spécialement le fondateur du prix Nicolas Zvorikine.

M. Damalix, âgé aujourd'hui de 70 ans, président de la Section du Finistère de la Société pomologique de France, et secrétaire général de la Société d'horticulture de Quimper et Châteaulin, a été l'un des meilleurs artisans de cet heureux résultat. Praticien émérite, il s'est consacré à l'étude et à l'amélioration des espèces fruitières et maraîchères de la région, puis, dans des conférences multiples, et dans de nombreux articles de vulgarisation, il s'est proposé, d'une part, de diffuser les meilleures variétés, d'autre part, de faire connaître les méthodes de culture les plus rationnelles à leur appliquer.

Grâce aux conseils qu'il prodigue verbalement et par correspondance, grâce aussi à la distribution de plants et de boutures, toujours à titre gratuit, l'influence de M. Damalix s'exerce non seulement dans le Finistère, mais on peut dire dans tout l'Ouest de la Bretagne.

Notons en outre que M. Damalix a provoqué la création de jardins ouvriers dans de nombreuses localités, et qu'il a été l'animateur des Concours agricoles intéressants qui se sont succédé à Quimper de 1918 à 1939.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

PRIX CUVIER.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Wintrebert; É. Roubaud, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Albert Vandel**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour l'ensemble de ses travaux.

M. Albert Vandel, est proposé par la Commission pour le prix Cuvier, en raison de l'intérêt et de la haute originalité de son œuvre scientifique.

Ses recherches sur la reproduction et la régénération des Planaires d'eau douce, sur les effets du parasitisme mermitoïdien chez les Fourmis, celles, plus connues encore, sur la parthénogénèse dite géographique des Isopodes terrestres témoignent, par leur variété et leur sens aigu des faits biologiques, de la contribution importante apportée par ce zoologiste aux grands problèmes de la biologie générale.

Elles justifient le choix unanime de la Commission.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION SAVIGNY.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, L. Cuénot, Ch. Pérez, P. Wintrebert; É. Roubaud, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Maurice Rose**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour ses travaux sur le plankton des côtes de l'Afrique du Nord.

M. Maurice Rose a consacré plus de quinze ans à l'exploration planktonique de la baie d'Alger. Il a établi le relevé méthodique des espèces invertébrées qui fréquentent ces eaux à des profondeurs diverses, jusqu'à

400^{m}, et aux différents mois de l'année. En systématique pure, il a considérablement élargi le champ des connaissances sur les Crustacés copépodes méditerranéens dont il est devenu l'un des spécialistes autorisés.

Ses travaux intéressent l'histoire du peuplement marin de la Méditerranée tant orientale qu'occidentale. Ils seront légitimement distingués par le prix de la Fondation Savigny.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner deux prix de 2500^{fr} :

— à M. **Noël Fiessinger**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses études sur les *Méthodes d'exploration fonctionnelle du foie;*

— à M. **Maurice Loeper**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur le soufre en biologie et en thérapeutique.

Une mention honorable est accordée à M. **Guy Ledoux-Lebard**, docteur en médecine, pour son ouvrage intitulé *L'Hépatosplénographie. Étude expérimentale et chimique. Essai d'une nouvelle méthode.*

Rapport de M. H. Vincent *sur les travaux de* M. **Noël Fiessinger**.

M. Fiessinger a démontré la nécessité de l'étude simultanée de diverses fonctions du foie, en présence d'une atteinte toxique. On lui doit l'étude du coefficient ammoniacal corrigé dans l'urine, celle du métabolisme pigmentaire dans la bilirubine, celle du métabolisme hydrocarboné dans

l'insuffisance hépatique, celle de la colorimétrie sanguine par le rose bengale (éliminé par les voies biliaires) etc.

Ces techniques sont actuellement utilisées en clinique et rendent les plus grands services dans l'étude du diagnostic, du pronostic et du traitement des affections hépatiques.

Rapport de M. H. VINCENT *sur les travaux de M.* **MAURICE LOEPER.**

Les travaux de M. Loeper sur le *soufre en biologie et en thérapeutique* s'échelonnent sur près de vingt années. Ils ont commencé en 1924 par une mise au point du dosage du soufre sanguin, une étude de la *thiémie* normale et pathologique, de ses variations et de ses origines.

Ils ont montré la fixation, par les cellules pigmentées de la *surrénale*, d'une partie du soufre neutre de l'organisme et l'augmentation de la thiémie par l'ablation des surrénales chez l'animal et par leurs altérations profondes chez l'homme.

Ils ont également montré le rôle thiooxydant et thiopexique du *foie* et les conséquences de l'insuffisance hépatique dans un accroissement du soufre non oxydé.

L'accumulation du soufre au cours des états hépatiques et surrénaux dans les couches profondes de la *peau*, est une des causes de l'augmentation de la mélanine et, partant, de la *mélanodermie*.

Dans les articulations, son influence bienfaisante s'explique au cours des états rhumatismaux, des lésions articulaires et des incrustations.

Mais ici son rôle n'est pas seulement *trophique*. Il est *antitoxique*. Les *hypertensions* sont souvent attribuables à l'action des substances chimiques définies dont le type est la tyramine. Or le soufre se combine à la tyramine et, par le blocage qu'elle réalise, par l'acide *tyramine-sulfurique* qu'il constitue, il préserve les artères du choc hypertensif.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

PRIX BARBIER.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, E. Sergent; P. Portier, rapporteur.)

La Commmission propose de décerner le prix à MM. **MAURICE VILLARET**, membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine

de Paris, **Louis Justin-Besançon**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, **René Cachera**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris et **Stanislas de Sèze**, médecin des Hôpitaux de Paris, pour leurs travaux sur la physiologie de la vaso-motricité cérébrale et les embolies du cerveau.

MM. Maurice Villaret, L. Justin-Besançon, R. Cachera et S. de Sèze utilisant la technique nouvelle dite du « hublot » ont obtenu des résultats qui modifient nos conceptions sur la vaso-motricité cérébrale.

Les artères du cerveau ne sont pas *terminales*; elles présentent des anastomoses,

Ces artères sont sous la dépendance de nerfs vaso-moteurs dont l'action se manifeste surtout en cas d'embolie. Enfin spasme et dilatation vasculaire, loin de s'exclure, peuvent coexister.

Les infarctus cérébraux ont pu être observés au microscope et l'on a pu suivre leur évolution.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GODARD.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Maurice Chevassu**, professeur de clinique urologique à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux sur l'urétéro-pyélographie rétrograde, méthode d'exploration lésionnelle de l'uretère et du rein. Cette méthode d'exploration du rein a été créée par lui et rend les plus grands services en clinique urologique.

M. Chevassu a montré, en 1928, contrairement à ce qu'on croyait, qu'il est possible de faire régulièrement remonter des liquides dans l'uretère et le rein en les injectant à contre-courant par l'orifice vésical de l'uretère.

En employant comme liquide d'injection des liquides opaques aux rayons X, on parvient ainsi à obtenir l'image radiographique de tout le système excréteur urétéro-rénal et, en particulier, de l'uretère, dont on n'obtenait jusqu'alors l'image que de façon exceptionnelle.

Étant donné que la plupart des maladies du rein, les néphrites mises à part, s'accompagnent d'une déformation du système excréteur urétéro-rénal, étant donné aussi que beaucoup de lésions rénales sont conditionnées

par une lésion primitive de l'uretère, on conçoit l'intérêt clinique que doit présenter une méthode qui, en photographiant un véritable moulage radiographique de l'arbre urinaire supérieur, réalise une manière d'anatomie pathologique sur le vivant.

Cette méthode d'exploration, à laquelle ce chirurgien a donné le nom d'*urétéro-pyélographie rétrograde*, et qui est communément aujourd'hui désignée par ses initiales U.P.R., a pris entre ses mains une très grande extension, puisqu'*il l'a appliquée actuellement plus de* 10000 *fois*. Elle s'est rapidement répandue en France et à l'étranger.

La technique de la méthode est simple, pour qui a l'habitude du maniement du cystoscope. Il suffit de faire pénétrer dans l'orifice urétéral l'extrémité d'une petite sonde dont un renflement juxta-terminal s'oppose au reflux vésical du liquide d'injection. Il suffit même, si la pénétration urétérale est impossible, d'accoler l'extrémité de la sonde à l'orifice de l'uretère entrevu. Le liquide opaque est injecté lentement.

La méthode a permis de déceler, en particulier, toutes les lésions de l'uretère provoquées si fréquemment par la pathologie génitale féminine. Elle permet de faire le diagnostic précoce de la si fréquente tuberculose rénale, dont les minimes cavernes du début échappent trop souvent à toute autre méthode. Elle est révélatrice d'un grand nombre de lésions peu ou pas soupçonnées.

Beaucoup plus étendue dans ses indications que la pyélographie simple, fournissant des images infiniment plus nettes que l'urographie descendante, d'interprétation trop souvent difficile, l'urétéro-pyélographie rétrograde permet de joindre au dossier de chaque malade, à côté de l'exploration fonctionnelle, une exploration lésionnelle très précise également. Elle complète l'exploration rénale en en faisant, à l'heure actuelle, la plus précise des explorations viscérales.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON LARREY.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, Ch. Pérez, P. Portier, E. Sergent; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Bernard Le Bourdellès**, médecin-colonel, professeur au Val-de-Grâce, pour ses

travaux sur *Les enseignements médicaux de la guerre* de 1939-1940. *Maladies infectieuses et épidémiques; maladies de carence.*

Le mémoire remarquablement documenté, fait par un épidémiologue de grande compétence, résume les observations faites en 1939-1940, notamment pendant la captivité de son auteur, il est fondé sur de nombreuses enquêtes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

CANCER ET TUBERCULOSE.

PRIX EUGÈNE ET AMÉLIE DUPUIS.

(Commissaires : MM. M. Caullery, Ch. Achard, L. Lapicque, A. Gosset, J.-L. Faure, E. Sergent; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner deux prix de 4000fr :

1° à Mlle **Marguerite Faure**, assistante à la Faculté de médecine et de pharmacie de Bordeaux, pour son ouvrage intitulé *Les Haptènes lipoïdiques de fixation de l'alexine. Recherches sur l'Haptène lipoïdique et les phosphatides du bacille tuberculeux.*

L'isolement chimique n'a pas été possible, mais l'activité de la fraction la plus concentrée était extrêmement élevée. L'auteur a démontré l'existence dans les Bacilles tuberculeux d'acides phosphatidiques divers, parmi lesquels certains entièrement nouveaux. Parmi ces acides complexes, il en est un dont la molécule renfermerait un groupement chimique responsable de la spécificité sérologique.

Les travaux de Mlle Marguerite Faure ont apporté une contribution très utile à l'étude si difficile et si délicate de la constitution des haptènes, en particulier de l'haptène du Bacille tuberculeux, formé par des molécules lipidiques;

2° à M. **Jean Bablet**, chef de service à l'Institut Pasteur à Paris, pour ses travaux sur *le Cancer parmi les races colorées.*

M. Bablet a présenté un ensemble de mémoires relatifs à l'*existence du cancer et à sa fréquence parmi les races colorées* d'Afrique Occidentale, de Madagascar, d'Afrique Équatoriale, enfin et particulièrement de l'Indochine et du Tonkin.

Appuyés sur des exemples très nombreux et sur des examens anatomo-pathologiques précis, ces documents témoignent que le cancer est aussi fréquent parmi les races colorées que chez la race blanche.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION HENRIETTE RÉGNIER.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, Ch. Achard, L. Lapicque, J.-L. Faure, E. Sergent; A. Gosset, rapporteur.)

La Commission propose de décerner un prix à M. **Chactas Hulin**, docteur en médecine, pour sa thèse intitulée *Parodontoses pyorrhéiques ou Pyorrhées alvéolaires*.

Depuis de nombreuses années, le docteur Hulin poursuit, dans la clinique chirurgicale de la Salpétrière, des travaux sur la cancérologie. Il a été conduit à étudier les états précancéreux, en particulier dans leurs rapports avec les pyorrhées alvéolo-dentaires. Sarcomes à myéloplaxes, épithéliomas se voient sur des gencives atteintes depuis longtemps de pyorrhée alvéolo-dentaire, et il semble bien qu'il y ait des rapports étroits entre ces lésions inflammatoires et l'apparition des cancers.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PHYSIOLOGIE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. P. Marchal, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier; H. Vincent, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Francis Rathery**, membre de l'Académie de médecine, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour son ouvrage intitulé *Physiologie des reins*.

C'est l'étude la plus complète qui ait été publiée en France sur ce sujet.

Après avoir décrit l'anatomie microscopique des reins dans la série animale et chez l'homme, ainsi que leur fonction physiologique, M. Rathery expose des aperçus nouveaux dont beaucoup relèvent de ses recherches originales, sur la perfusion rénale, les néphrites expérimentales, la ligature de l'artère ou de la veine rénales, celle de l'uretère, la néphrectomie, la transplantation du rein etc.

C'est là une œuvre de réelle valeur qui fait honneur à M. le professeur Rathery.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

STATISTIQUE.

PRIX MONTYON.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Lebesgue, Ch. Fabry, J. Drach, É. Cartan; É. Borel, Ch. Maurain, rapporteurs.)

La Commission propose de décerner deux prix de 2000fr :

— à M. **Francis Perrin**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour son ouvrage : *Mécanique statistique quantique*.

— à M. **Henri Labrouste**, professeur à la Faculté des sciences de Paris et à Mme **Henri Labrouste**, née **Yvonne Dammann**, pour leurs travaux de statistique, relatifs à la périodicité dans les phénomènes géophysiques.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

PRIX BINOUX.

(Commissaires : MM. É. Picard, L. Bouvier, É. Borel, H. Villat, L. de Broglie, Ch. Pérez; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Jean Rostand**, pour trois de ses derniers livres *La vie et ses problèmes* (1940), *Science et génération* (1940), *Biologie et médecine* (1939), qui exposent, d'une façon vivante et claire, des problèmes importants de biologie, sur la base d'une information très étendue et très avertie.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

OUVRAGES DE SCIENCES.

PRIX HENRI DE PARVILLE.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, É. Picard, É. Borel, M. Caullery, M. de Broglie; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Lucien Berland**, sous-directeur de laboratoire au Muséum national d'Histoire naturelle, pour ses ouvrages d'entomologie.

M. Lucien Berland est un entomologiste militant et auteur de nombreuses notes estimées, il a publié en outre trois volumes de la *Faune de France* (1925-1938) sur les *Hyménoptères vespiformes* et un volume consacré aux *Arachnides*.

On lui doit en outre deux ouvrages *Les Araignées* (1937) et *Les*

Guêpes (1939), ainsi qu'une traduction du livre de L. O. Howard (1935), *La menace des Insectes* qui, tous trois, ont eu un succès de bon aloi.

M. Berland mérite donc à tous égards le prix de Parville, qui est destiné à récompenser « un livre de science original » ou un « livre de vulgarisation scientifique ».

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

MÉDAILLES.

MÉDAILLE BERTHELOT.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, É. Picard, A. Lacroix.)

La médaille est décernée :

— à M. **Paul Razous**, lauréat du prix Montyon des arts insalubres ;

— à Mlle **Germaine Cauquil**, lauréate du prix Berthelot ;

— à M. **Henri Lefebvre**, lauréat du prix Houzeau.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT.

Grand prix des Sciences physiques.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, P.-A. Dangeard, L. Blaringhem, R. Fosse, A. Guilliermond, Ch. Pérez ; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à Mlle **Germaine Cousin**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour son *Étude expérimentale et quantitative de l'hérédité interspécifique ; transmission de la*

forme et de ses potentialités évolutives (croisement *Gryllus campestris* L × *Gr. bimaculatus* de Geer).

Le travail étendu et fortement documenté de Mlle Cousin représente plus de six années de recherches et constitue un document de haute valeur pour les problèmes de l'hérédité et de l'espèce, basé sur des données d'ordre expérimental extrêmement étendues. Mlle Cousin a réussi à obtenir l'hybridation, féconde sans restriction, entre deux espèces linnéennes bien caractérisées et d'autonomie indiscutable, les deux Grillons *Gryllus campestris* L. et *Gr. bimaculatus* de Geer. Ces deux espèces, croisées, produisent une descendance abondante dans les deux sens du croisement et féconde elle-même sans restriction, soit dans le croisement des divers hybrides entre eux, soit dans celui de ces hybrides avec l'une ou l'autre des espèces parentes. C'est là actuellement un exemple à peu près unique dans le règne animal. Ces hybrides ont été comparés entre eux et avec les espèces parentes, sur de grands nombres d'exemplaires, par des méthodes biométriques précises, ce qui a fourni une analyse très approfondie de la variabilité dans l'espèce, au sens le plus large et avec les modalités particulières résultant de l'hybridation, telle que l'hétérosis. Mlle Cousin a mis en œuvre, dans cette analyse, toutes les méthodes biométriques, appliquées à une série de caractères judicieusement choisis et examinés isolément ou combinés entre eux; l'analyse ne porte que sur la première génération (F_1) comparée aux espèces parentes. L'auteur a réservé pour des Mémoires ultérieurs l'application des mêmes méthodes à la seconde génération des hybrides (F_2) et aux croisements de retour ($F_1 \times P$) avec l'une ou l'autre des espèces parentes. Par sa méthode, par l'ampleur du matériel mis en œuvre, par la précision des mesures quantitatives, ce Mémoire constitue un document d'une haute importance pour les problèmes généraux de l'espèce et de la variation, en considération de quoi la Commission a estimé qu'il méritait la haute récompense que constitue le grand prix des Sciences physiques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LALLEMAND.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, P. Marchal, H. Vincent, M. Caullery, A. Gosset, Ch. Pérez; L. Lapicque, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Pézard**, pré-

parateur à l'École pratique des Hautes études, pour ses travaux d'anatomie microscopique du système nerveux.

Parmi ceux-ci il faut citer particulièrement : 1° la description précise de la répartition des plaques motrices dans le muscle couturier de la grenouille, en collaboration avec M. Raoul May, travail qui sert actuellement de base à divers raisonnements sur la transmission de l'excitation.

2° Le dénombrement des cellules de Purkinje dans le cervelet, travail qui, réalisé par des procédés ingénieux, a démontré le fait surprenant que le nombre de ces cellules, seuls éléments effecteurs de l'organe dans sa fonction de régulateur de tous les mouvements, ne varie nullement avec la grandeur du corps.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX SERRES.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, P. Marchal, E. Leclainche, H. Vincent, Ch. Achard, L. Lapicque, Ch. Pérez, P. Portier; M. Caullery, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Constantin Dawydoff**, directeur de recherches du Centre national de la Recherche scientifique, pour l'ensemble de ses études embryogéniques.

M. Constantin Dawydoff, fixé en France depuis près de vingt ans, a, en particulier, depuis cette époque, apporté une contribution énorme à la connaissance de la faune indochinoise dans les groupes les plus variés et qui, à elle seule, équivaut presque à tout ce qui a été fait par l'ensemble des explorateurs au cours des dernières décades. Mais, en outre, il a, soit au cours de ses travaux en Indochine, soit ailleurs, accompli des recherches des plus fécondes dans le domaine de l'embryogénie des Invertébrés.

Il est un des deux naturalistes qui ont pu observer (en 1904) la ponte du Nautile, sur la côte sud-ouest de la Nouvelle-Guinée; la maladie l'a empêché de pousser plus loin ses recherches en cette contrée malsaine et inhospitalière. On lui doit presque tout ce que l'on sait de l'embryogénie des Cténophores aberrants (*Cœloplana*, *Ctenoplana*, *Gastrodes*), se rattachant aux Turbellariés, des données importantes sur celle des Protonémertes (*Tubulanus notus*); sur les Entéropneustes, M. Dawydoff a fait connaître

le développement direct de *Saccobolanus minutus* (étudié par lui à Naples et en Indochine) et montré la plasticité de ce développement; en effet, dans des conditions de milieu favorables, cette même espèce a un développement normal, avec larve *Tornaria*, comme M. Dawydoff l'a reconnu en Indochine. Il a fait aussi des recherches très précises sur le développement de divers Oligochètes naidimorphes (également en Indochine) et y a constaté des faits du plus haut intérêt. Chez les Cœlentérés, on lui doit des études sur le développement de Narcoméduses (*Solmundella*) et surtout sur celui de Coralliaires, où il a rectifié des assertions fantaisistes assez récemment émises, en suivant l'embryogénie de plusieurs espèces de Madréporaires (*Stylophora*, *Pocillopora*, *Seriatopora*) de l'œuf à la larve *Planula*, et après fixation de celle-ci; la prétendue métamérisation décrite chez ces larves n'est qu'une apparence, due à la fusion de plusieurs larves. M. Dawydoff enfin a fait connaître de très nombreuses et remarquables larves pélagiques de divers groupes (*Pilidium* de Némertes, larves de Müller de Turbellariés polyclades, larves véligères de Mollusques, larve *Pelagosphæra* (qu'il a montrée appartenir à un Sipunculide), larve de Sempe (de Zoanttaides), etc.

On lui doit aussi de très intéressantes recherches sur la multiplication asexuée, chez *Cœloplana* et *Ctenoplana* (où elle était complètement inconnue), chez *Protohydra*; d'autres travaux considérables et approfondis sur la régénération dans des groupes variés, plus particulièrement chez les Némertes et chez les Entéropneustes; ces recherches ont mis en évidence des processus d'un intérêt très général, dans le détail desquels il est impossible d'entrer ici.

Un autre travail, très approfondi et d'un intérêt exceptionnel, porte sur des processus de réversibilité du développement, suivis avec beaucoup de précision chez des Némertes du genre *Lineus*. M. Dawydoff a pu isoler des fragments céphaliques, les conserver vivants 27 mois dans l'eau filtrée (sans nourriture) et les a vus se réduire, en se simplifiant graduellement, jusqu'à prendre la structure d'embryons à des stades précoces.

Ces indications trop rapides montrent l'étendue, la variété et l'intérêt des recherches embryogéniques de M. Dawydoff. Beaucoup sont publiées dans les *Comptes rendus* de l'Académie (vingt Notes). Formé dans sa jeunesse par le très grand maître qu'à été Alexandre Kowalevsky, il a su, à l'exemple de celui-ci, éviter les spéculations aventurées sur la phylogénie à partir des données embryologiques et ses travaux offrent une sagacité et une solidité qui méritent d'être particulièrement signalées.

M. Dawydoff a publié aussi, pour la plus grande commodité de nos étudiants, un Traité d'embryologie des Invertébrés.

L'ensemble de toutes ces recherches a paru à la Commission justifier amplement l'attribution du prix Serres à M. Constantin Dawydoff.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

Sciences mathématiques.

(Commissaires : MM. É. Picard, J. Hadamard, É. Borel, H. Lebesgue, J. Drach, É. Cartan; P. Montel, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Georges Darmois**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux de statistique mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX PETIT D'ORMOY.

Sciences naturelles.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, P.-A. Dangeard, M. Molliard, M. Caullery, L. Lapicque, Ch. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Gaston Delépine**, pour l'ensemble de son œuvre sur le Carbonifère.

Le chanoine Delépine, recteur de l'Institut catholique de Lille, est une grande figure parmi les géologues français. Son œuvre essentielle consiste en un ensemble de travaux fondamentaux sur les terrains marins du Carbonifère du Nord de la France, de l'Angleterre et des États-Unis etc.

En cette heure difficile, il continue à diriger son laboratoire à Lille.

Le prix Petit d'Ormoy est un témoignage de haute estime pour le savant et pour l'homme.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX JEAN REYNAUD.

(Commissaires : MM. L. Bouvier, A. Lacroix, É. Borel, M. Molliard, J. Perrin, Ch. Pérez; É. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à feu **Henri Lebesgue**, membre de l'Académie des Sciences, pour l'ensemble de son œuvre mathématique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU BARON DE JOEST.

Sciences physiques.

(Commissaires : MM. H. Vincent, M. Caullery, Ch. Achard, A. Gosset, Ch. Pérez, Ch. Mauguin; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **André Aubréville**, pour ses travaux sur la flore forestière de la Côte d'Ivoire.

M. A. Aubréville, inspecteur général des Forêts de l'A. O. F., a passé 14 ans dans cette colonie, dont 12 à la Côte d'Ivoire qu'il a parcourue dans tous les sens, y recueillant une documentation considérable sur la flore forestière. Il a rempli, en outre, des missions dans la Guinée française, le Sénégal, le Soudan, le Dahomey, le Togo, le Cameroun, le Niger et en outre la Nigeria, jusqu'au Tchad.

En plus de nombreuses notes sur la flore africaine (en collaboration avec M. Pellegida), il a publié deux ouvrages essentiels *La flore forestière à la Côte d'Ivoire* (1936), en 3 volumes in-4°, illustrés de dessins par lui-même, et *La forêt coloniale* (1935), couronnées par l'Académie des sciences coloniales.

Cette œuvre d'un grand intérêt mérite hautement le prix du baron de Jœst.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LONCHAMPT.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, E. Leclainche, M. Caullery, M. Delépine, G. Moussu, M. Javillier; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Henri Velu**, vétérinaire militaire, pour ses travaux sur le Darmous du Maroc.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX HENRY WILDE.

(Commissaires : MM. É. Picard, H. Deslandres, É. Borel, G. Bertrand, J. Perrin, E. Esclangon; A. Lacroix, rapporteur.)

Les recherches de M. **Léon Capdecomme**, chargé de conférences à la Faculté des sciences de Toulouse, portent principalement sur l'optique des cristaux opaques; il a étudié avec beaucoup d'habilité les conditions dans lesquelles on devait se placer pour effectuer des mesures précises de pouvoirs réflecteurs à l'aide du microscope métallographique polarisant.

Il a imaginé un nouveau modèle d'illuminateur, à prismes croisés, qui permet d'envoyer sur la section polie un flux de lumière polarisée rectilignement dans un azimut quelconque, artifice ingénieux qui réalise un progrès considérable sur les modèles antérieurs d'illuminateurs.

On lui doit aussi une importante contribution à l'étude optique des films superficiels formés par des attaques diverses (oxydation, sulfuration etc.) à la surface des métaux, ou provoquant des anomalies optiques à la surface des minéraux comme la pyrite et l'oligiste.

Le prix Wilde lui serait attribué comme marque d'estime et comme aide matérielle pour le perfectionnement d'un instrument nécessaire à ses recherches.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX GUSTAVE ROUX.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Bernard Gèze**, ingénieur-agronome, chef de travaux à l'Institut agronomique, qui vient

de remplir avec des camarades, naturalistes comme lui, une mission au Cameroun.

Le prix Roux lui serait décerné pour les intéressantes observations géologiques qu'il a faites dans les hautes montagnes volcaniques de cette région équatoriale.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX THORLET.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Paul Danguy**, sous-directeur honoraire du service de phanérogamie du Muséum national d'Histoire naturelle.

Après avoir fait toute sa longue carrière dans cet établissement, M. Danguy y continue, malgré sa mise à la retraite, les travaux systématiques sur la botanique des Colonies françaises qui, depuis longtemps, l'ont fait remarquer.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX MARQUET.

Sciences physiques.

(Commissaires : MM. P.-A. Dangeard, G. Bertrand, M. Caullery, R. Fosse, Ch. Jacob, Ch. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix Marquet à M. **Roger Heim**, sous-directeur du laboratoire de cryptogamie du Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de son œuvre en Mycologie. Mais elle entend récompenser particulièrement une grande activité scientifique qui n'est pas localisée dans un laboratoire et a conduit M. Heim à remplir deux missions importantes, l'une à Madagascar et l'autre en Afrique occidentale (Côte-d'Or et Guinée).

Elles n'ont pas consisté seulement dans la récolte de matériaux d'étude, mais ont permis au voyageur de faire sur place de nombreuses observations biologiques.

Il a entrepris la publication d'un *Prodrome à une flore mycologique* de Madagascar et Dépendances dont le premier volume, *Les Lactério-russulés du domaine oriental de Madagascar, Essai sur la classification et la phylogénie de ses Astérosporoles*, a été imprimé à l'aide d'une subvention de l'Académie. Sa mission en Afrique Occidentale a conduit à la rédaction d'un travail remarqué, *Études descriptives et expérimentales sur les Agarics termitophiles d'Afrique tropicale* qui vient de paraître dans les Mémoires de l'Académie.

Ces deux Ouvrages, qui vont être suivis d'autres, apportent une contribution précieuse à la connaissance des Champignons de nos Colonies, fort peu étudiés jusqu'alors.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU.

(Commissaires : MM. A. Lacroix, H. Vincent, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commision propose de décerner le prix à M. **Jacques Tréfouël**, directeur de l'Institut Pasteur et Mme, née **Thérèse Boyer**, MM. **Federico Nitti** et **Daniel Bovet**, ses collaborateurs, pour leur découverte de l'emploi de l'aminophénylsulfamide dans le traitement des maladies bactériennes et des plaies, en particulier des plaies de guerre.

Depuis que Ehrlich a découvert, en 1904, la possibilité de protéger la Souris contre une infection mortelle, due à un trypanosome, à l'aide d'une matière colorante artificielle de la série azoïque, un nombre considérable de recherches ont été entreprises dans le but général de trouver des substances capables de préserver l'humanité des maladies produites par les microbes, non seulement des microbes du groupe des Protozoaires, comme dans l'expérience d'Ehrlich, mais ce qui est plus difficile, de ceux du groupe des bactériacées.

Un pas important a été fait par la découverte de Domagk. En février 1905, ce chimiste a publié en Allemagne qu'il était parvenu à lutter

contre la septicémie streptococcique de la Souris en utilisant la sulfamido-chrysoïdine, substance colorante dénommée commercialement « Prontosil ».

En France, deux chimistes, M. et Mme Tréfouël, un bactériologiste, M. Nitti et un physiologiste, M. Bovet, découvrirent, en unissant leurs compétences et leurs efforts, que l'action bactéricide *in vivo* du « Prontosil » n'est due ni à la fonction azoïque, ni au noyau diaminé qu'il renferme, mais qu'elle repose exclusivement sur l'existence du noyau sulfamidé qui s'y trouve aussi engagé.

Ils furent conduits ainsi à supposer et, dans la suite, à démontrer que lorsque du « Prontosil » est introduit dans l'organisme, la fonction azoïque est détruite par réduction, les deux noyaux séparés, et que c'est à partir de ce moment que le noyau aminophénylsulfamidé intervient contre les bactéries pour les détruire.

Il résulte de ces faits que l'aminophénylsulfamide, plus facile et plus économique à préparer que le « Prontosil », peut être substitué à cette matière colorante. Bien mieux, il est doué d'une action beaucoup plus étendue sur les bactéries pathogènes et permet d'obtenir la guérison de maladies très diverses.

Cette belle découverte, basée sur un important travail expérimental et mise entièrement dans le domaine public par les publications de ses auteurs, a provoqué, en quelques années, une véritable révolution dans l'art de guérir et a déjà sauvé la vie à un grand nombre d'enfants et d'adultes.

Elle a permis, notamment, aux chirurgiens d'Armée, en mai et juin 1940, de rendre possible, par un simple pansement d'urgence à l'amino-sulfamide, le transport de nombreux blessés à l'hopital où l'acte opératoire, réalisé alors dans de bonnes conditions, a pu souvent les sauver de l'amputation ou de la mort.

La Commission a estimé que l'association formée par M. et Mme Tréfouël, M. Nitti et M. Bovet méritait pleinement l'attribution du prix fondé par le général Muteau.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS.

(Commissaires : MM. H. Vincent, Ch. Achard, A. Gosset, Ch. Pérez, P. Portier, M. Javillier; G. Bertrand, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Ernest Fourneau**,

membre de l'Académie de médecine, chef de service à l'Institut Pasteur, pour l'ensemble de ses travaux de chimie appliquée à la thérapeutique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

PRIX LAPLACE.

Le prix est décerné à M. **Roger Desaint**, né à Sète (Hérault), le 1er mars 1917, sorti premier de l'École polytechnique.

PRIX L.-E. RIVOT.

Le prix est partagé entre les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1941, avec le n° 1 ou 2, de l'École polytechnique, dans les corps des mines et des ponts et chaussées :

M. **Roger Desaint**, entré premier à l'École des mines, reçoit 750fr;

M. **Jean Commelin**, entré second à l'École des mines, reçoit 500fr;

M. **Albert Bouzoud**, entré premier à l'École des ponts et chaussées, reçoit 750fr;

M. **Michel Rousselin**, entré second à l'École des ponts et chaussées, reçoit 500fr.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION HIRN.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon. É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Charles Sadron**,

professeur à l'Université de Strasbourg, pour ses travaux sur le magnétisme des alliages.

M. Charles Sadron était professeur agrégé au Lycée Kléber, à Strasbourg, lorsqu'il prépara au laboratoire de M. Pierre Weiss, sa thèse de doctorat sur le *magnétisme des alliages*. C'est lui qui a montré clairement comment les électrons de valence, situés dans la couche périphérique des atomes, interviennent dans la valeur du moment magnétique moyen de l'alliage.

Auparavant, à Poitiers, il avait déjà publié au *Journal de Physique* une étude sur la formation et la propagation des anneaux de tourbillons dans l'air. A Strasbourg, il entreprit une série de recherches sur les sillages dans l'air aux faibles vitesses et sur une méthode nouvelle de mesure des écoulements très lents : ses publications attirèrent l'attention de M. V. Karman; celui-ci lui fit obtenir une bourse de la fondation Rockfeller, qui lui permit de travailler 18 mois dans son laboratoire de Mécanique des fluides à Pasadena. Ce séjour fut fructueux : M. Sadron en a résumé les résultats dans une publication où il a réuni ses recherches et celles faites par d'autres sur les frottements au contact d'un fluide en mouvement et d'une paroi plus ou moins poreuse. Il l'a complété depuis en montrant comment un examen micrographique de la rugosité de la paroi permettait de calculer *a priori* les pertes de charge dans les conduites de forme simple.

Depuis son retour en France, M. Sadron s'est surtout occupé de la biréfringence observée par Maxwell sur certains fluides en mouvement, biréfringence qu'il avait appliquée lui-même à Pasadena à certaines déterminations de vitesses. Reprenant l'étude d'ensemble du phénomène de la *biréfringence dynamique de Maxwell*, et profitant des progrès réalisés dans l'étude optique des biréfringences, il a obtenu des résultats très importants au point de vue général de la physique moléculaire. Il montra que, dans les mesures faites sur ce phénomène, on n'avait pas pris garde que les phénomènes de turbulence pouvaient jouer un rôle très important, et que la plupart des travaux antérieurs avaient conduit à des conclusions ou à des théories incorrectes. M. Sadron, dans ses derniers Mémoires, publiés au *Journal de Physique*, a montré que cette biréfringence était liée à la forme et à la structure des particules en suspension dans les liquides étudiés, qu'elle changeait de signe si l'on modifiait convenablement l'indice du diluant. Il a montré enfin que de telles recherches permettent d'avoir

des renseignements très précieux sur la forme et la structure des très grosses molécules (albumines, globulines, etc.) présentes dans les liquides qui intéressent tous les biologistes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION AIMÉ BERTHÉ.

(Commissaires : MM. H. Vincent, L. Guillet, M. Caullery, M. Delépine, Ch. Jacob, Ch. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

Esprit profond et travailleur acharné, M. **Jean Laval**, agrégé des sciences physiques, maître de recherches, a notamment mené à bien des recherches sur la diffraction des rayons X par les ondes à agitation thermique dans les cristaux, recherches qui lui ont donné la matière d'une thèse remarquable. Depuis lors il consacra ses efforts à l'explication théorique des faits dont il a fait une si belle étude expérimentale.

Le prix Aimé Berthé serait la juste récompense de ses efforts.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION HENRI BECQUEREL.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, A. Lacroix, R. Bourgeois, L. Bouvier; É. Picard, rapporteur.)

La Commission propose de décerner le prix à M. **Edouard Callandreau**, professeur à l'École centrale des arts et manufactures, pour ses travaux de mécanique.

Les travaux de M. Édouard Callandreau relèvent de la théorie mathématique de l'élasticité et de la résistance des matériaux.

Il a, en partant des idées de Boussinesq sur une théorie des semi-fluides, effectué une série de recherches sur les massifs pulvérulents, dans sa thèse, dans plusieurs Notes à l'Académie et dans d'autres revues, notamment dans deux Mémoires insérés au *Bulletin de la Société mathématique* et au *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*.

Il a d'autre part, dans différentes publications, donné des études sur diverses questions : la ligne élastique d'une pièce chargée de bout, l'équation générale de l'élasticité, les contraintes dans un corps percé d'un trou

circulaire, les cylindres creux à section multiplement connexe, l'état élastique plan d'un assemblage soudé, l'influence élastique autour d'un point, les ouvrages circulaires à axe horizontal, les cadres et portiques continus, les barrages et les pylônes.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION LOUTREUIL.

(Membres du Conseil : MM. H. Vincent, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier, M. de Broglie; A. Lacroix, rapporteur.)

L'Académie a reçu 20 demandes. Après avis du Comité consultatif de la fondation, le Conseil a décidé d'accorder les 17 subventions qui vont être énumérées suivant leur nature.

Recherches sur des questions déterminées.

4000fr à M. **Maurice Caullery**, membre de l'Académie des Sciences, pour l'exécution des dessins de la description des Annélides sédentaires de l'expédition hollandaise du *Siboga*;

10000fr à M. **Auguste Chevalier**, membre de l'Académie des Sciences, pour la préparation d'une flore du nord et du nord-ouest de la France (*de la Loire à l'Ardenne*);

3000fr à M. **Pierre Bordet**, géologue, pour lui permettre d'entreprendre des recherches sur le Permien du Midi de la France;

3000fr à M. **H. Drieux**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses recherches histologiques sur les gonades et le tractus génital des Bovins intersexués;

6000fr à M. **Eugène Huguenard**, professeur au Conservatoire national des arts et métiers, pour l'aider dans ses travaux sur l'ultracentrifugation;

5000fr à MM. **Robert Lasserre** et **Charles Lombard**, professeurs à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour leur étude systématique et comparée sur la contagion, l'hérédité et le traitement du cancer chez les animaux domestiques;

3000fr à Mlle **Dorothée Le Maître**, attachée au Laboratoire de géologie de la Faculté libre de Lille, pour l'aider dans ses recherches paléontologiques sur la faune des calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis;

8000fr à M. **Enrique Moles**, maître de recherches du Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la méthode des densités limites pour la détermination des poids moléculaires et atomiques des gaz;

3000fr à M. **Maurice Pierre**, professeur à l'École nationale vétérinaire de Toulouse, pour ses recherches relatives aux mécanismes physiologiques de la calco-régulation;

8000fr à la **Société nationale d'acclimatation de France**, pour l'équipement météorologique de la réserve zoologique et botanique de la Camargue, dont la direction lui est confiée;

2500fr à M. **Jean Verge**, professeur à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, pour ses études sur les infections provoquées par des germes anaérobies chez les animaux domestiques.

Achat de matériel de laboratoire.

4000fr à M. **Léon Guillet**, membre de l'Académie des Sciences, pour l'achat d'une cuve d'électrolyse avec tambour tournant destiné au Laboratoire des traitements en surface des métaux.

Publications.

5000fr à la **Fédération française des Sociétés de sciences naturelles**, comme contribution à la publication de la *Faune de France*;

5000fr à M. **Pierre de La Condamine**, pour contribuer à la publication d'un ouvrage intitulé : *Charles-Marie de la Condamine*, *Membre de l'Académie royale des sciences*, *voyageur et lettré*, 1701-1774;

5000fr à la **Société française de Photographie et de Cinématographie**, pour aider à la publication du *Bulletin de photogrammétrie*.

Bibliothèques.

8000fr à l'**École polytechnique**, pour l'achat de livres destinés à sa **Bibliothèque**;

2500fr à la **Bibliothèque** de l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**;

L'ensemble des subventions accordées s'élève à la somme de 85000fr. Nous en donnons la récapitulation dans le tableau suivant :

1° *Recherches sur des questions déterminées :*

M. Maurice Caullery	4000fr	55500
M. Auguste Chevalier	10000	
M. Pierre Bordet	3000	
M. H. Drieux	3000	
M. Eugène Huguenard	6000	
MM. Robert Lasserre et Charles Lombard	5000	
Mlle Dorothée Le Maître	3000	
M. Enrique Moles	8000	
M. Maurice Pierre	3000	
Société nationale d'acclimatation de France	8000	
M. Jean Verge	2500	

2° *Achat de matériel de laboratoire :*

M. Léon Guillet	4000	4000

3° *Publications :*

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles	5000	15000
M. Pierre de la Condamine	5000	
Société française de Photographie et de Cinématographie	5000	

4° *Bibliothèques :*

École polytechnique	8000	10500
École nationale vétérinaire d'Alfort	2500	
Total		85000

FONDATION Mme VICTOR NOURY.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner quatre prix de 2500fr :

— à M. **Pierre Marie**, boursier de la Caisse nationale de la recherche scientifique, pour ses travaux sur les Foraminifères du Maroc et du Bassin de Paris;

— à Mlle **Odette Tuzet**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Montpellier, pour l'ensemble de ses travaux sur la cytologie et en particulier sur la spermatogenèse de divers Invertébrés;

— à M. **Marcel Véron**, professeur à l'École centrale des arts et manufactures et au Conservatoire national des arts et métiers, pour ses travaux sur les applications industrielles de la chaleur, notamment par la vapeur d'eau;

— à M. **Robert Winter**, ingénieur principal des industries navales, pour ses travaux de balistique.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

FONDATION HENRY LE CHATELIER.

(Commissaires : MM. É. Picard, A. Lacroix, G. Charpy, L. Lumière, G. Claude, R. Esnault-Pelterie; L. Guillet, rapporteur.)

La Commission propose d'attribuer les arrérages de la fondation à M. **Paul Lacombe**, ingénieur-chimiste de l'Université de Lille, pour son étude du mécanisme de décomposition des solutions solides métalliques.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION MILLET-RONSSIN.

(Commissaires : MM. L. Cayeux, Ch. Jacob, P.-A. Dangeard, A. Guilliermond, P. Marchal, Ch. Pérez; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose de décerner deux prix de 5000^{fr} :

— à M. **Henri Devaux**, correspondant de l'Académie des Sciences, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Bordeaux, pour l'ensemble de son œuvre botanique;

— à M. **Paul Ancel**, professeur honoraire à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour l'ensemble de ses recherches sur l'embryologie expérimentale et sur le déterminisme des caractères sexuels secondaires chez les Mammifères.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATIONS VILLEMOT ET CARRIÈRE.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, É. Picard, É. Borel, L. de Broglie, G. Perrier, A. Cotton, M. Delépine, Ch. Mauguin, A. Chevalier, M. Javillier, É. Roubaud, L. Martin, G. Claude; A. Lacroix, rapporteur.)

La Commission propose d'accorder les subventions suivantes :

15000fr à MM. **Lucien Berland**, secrétaire général de la Société zoologique de France, **Lucien Chopard**, directeur de la *Faune de France* et **Jacques Millot**, secrétaire général de l'Association des Chercheurs scientifiques coloniaux, pour la publication d'un volume de la Faune de l'Empire français consacré aux Mammifères ongulés de l'Afrique noire française;

8000fr à Mlle **Simonne Caillère**, sous-directeur du Laboratoire de minéralogie du Muséum national d'Histoire naturelle, pour lui permettre de continuer ses recherches sur la constitution des serpentines et la nature de leurs produits d'altération;

10000fr à M. **Gaston Fayet**, membre de l'Académie des Sciences, pour ses travaux sur les astéroïdes;

7000fr à M. **Raymond Furon**, chargé de recherches de la Caisse nationale de la recherche scientifique, pour l'impression d'un Mémoire et d'une Carte en couleur au 5000000e relatant ses observations géologiques en Perse et au Beloutchistan;

15000fr à M. **Bernard Gèze**, ingénieur-agronome, chef de travaux géologiques à l'Institut national agronomique, pour l'aider à publier les résultats de sa mission géologique au Cameroun;

15000fr à M. **Raymond Jacquot**, directeur du Laboratoire de biochimie de la nutrition, pour l'achat d'un électrophotomètre de Meunier destiné à l'étude des vitamines;

6000fr à M. **Marc de Larambergue**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour l'achat de matériel destiné à ses recherches d'embryologie expérimentale;

10000fr à M. **Marin Molliard**, membre de l'Académie des Sciences,

pour ses recherches sur la culture des végétaux supérieurs en milieux aseptiques;

5000^{fr} à M. **Bernard Ninard**, boursier de recherches à l'Institut Pasteur, pour une publication sur les cancers;

25000^{fr} à M. **Charles Pérez**, membre de l'Académie des sciences, pour la construction d'un vivier de marée à la station biologique de Roscoff;

8000^{fr} à M. **Albert Peyron**, chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses travaux sur le développement de la parthénogenèse polyembryonique chez l'Homme;

10000^{fr} à M. **Maurice Piettre**, docteur ès sciences, pour l'achat d'appareils destinés à des recherches biochimiques;

15000^{fr} à M. **Paul Portier**, membre de l'Académie des Sciences, pour aider aux recherches de des élèves du Laboratoire de Physiologie, à l'Institut océanographique.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.



FONDATIONS SPÉCIALES.



FONDATION LANNELONGUE.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

Les arrérages de la fondation sont attribués à Mme **Gabriel Cusco**.

L'Académie adopte la proposition de la Commission.

FONDATION GIRBAL-BARAL.

(Commissaires : MM. H. Vincent, E. Esclangon, É. Picard, R. Bourgeois, L. Bouvier; A. Lacroix, rapporteur.)

Quatre allocations de 10000fr sont accordées :

— à Mlle **Arlette Feder**, interne des Hôpitaux de Paris;

— à M. **Lucien Hartmann**, externe des Hôpitaux;

— à M. **Antoine Remond**, externe des Hôpitaux;

— à M. **Jacques Viala**, externe des Hôpitaux.

L'Académie adopte les propositions de la Commission.

LECTURES.

Avant de donner lecture de la Notice *Sur la vie et l'œuvre de Maurice Hamy et sur diverses questions astronomiques*, rédigée, par M. Émile Picard, M. **Alfred Lacroix**, Secrétaire perpétuel, s'exprime en ces termes :

« Messieurs,

Ce n'est pas sans émotion que je vais vous donner lecture de la Notice consacrée à notre Confrère Maurice Hamy, dernière œuvre sortie de la plume d'Émile Picard.

Il a commencé à l'écrire à la fin de l'année dernière, travaillant avec beaucoup de courage, mais, contrairement à son habitude, avec une certaine lenteur; il sentait ses forces fléchir et ses yeux le trahir chaque jour d'avantage. Dans le courant d'octobre, le voyant à bout de forces, non sans peine j'ai pu obtenir qu'il me remit son manuscrit, en lui promettant de le lire en ce jour s'il ne pouvait le faire lui-même.

Puis lorsque les dernières épreuves lui furent remises, il refusa de les voir.

C'était la fin prochaine.

Il a été profondément douloureux d'assister ainsi au départ de cette grande et belle intelligence. »

La Notice de M. Émile Picard est lue.

A. Lx.

TABLEAU DES PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS.

ANNÉE 1941.

MATHÉMATIQUES.

MÉCANIQUE.

ASTRONOMIE.

GÉOGRAPHIE.

CHIMIE.

MINÉRALOGIE ET GÉOLOGIE.

BOTANIQUE.

ÉCONOMIE RURALE.

ANATOMIE ET ZOOLOGIE.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

CANCER ET TUBERCULOSE.

PHYSIOLOGIE.

STATISTIQUE.

HISTOIRE ET PHILOSOPHIE DES SCIENCES.

OUVRAGES DE SCIENCES.

MÉDAILLES.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATIONS SPÉCIALES.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 29 DÉCEMBRE 1941.

PRÉSIDENCE DE M. HYACINTHE VINCENT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

SPECTROSCOPIE. — *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Étude des corps de la chimie biologique.* Note (¹) de M. **Henri Deslandres**.

La Note actuelle est la suite de deux Notes présentées sous le même titre le 21 juillet et le 1er décembre 1941, et qui exposent l'analyse de molécules biochimiques, considérées comme étant actuellement les plus intéressantes. Pour éviter les redites, je prie le lecteur de se reporter à ces deux Notes et même aux Notes antérieures.

La recherche a pour but principal de montrer que les molécules formées dans les êtres vivants sont soumises aux mêmes lois que les autres molécules, et en particulier que l'égalité nécessaire des fréquences émises par toutes les parties de la molécule, égalité imposée par l'étude du rayonnement, leur est aussi applicable.

La Note de juillet 1941 est consacrée aux hydrocarbures et surtout à l'hydrocarbure saturé, le dodécane $C^{12}H^{26}$, dont les 24 fréquences sont bien expliquées par les trois arrangements de ses atomes et électrons du type A^2 (A étant un atome ou groupe d'atomes), du type M-pH—H^0 et du type CH^2—CH^3. Les autres hydrocarbures, très nombreux surtout dans les végétaux d'après les publications récentes, peuvent être expliqués de la même manière, et, jusqu'à présent, je n'en ai trouvé aucun auquel ce mode d'investigation n'apporte pas une contribution utile.

(¹) Séance du 2 décembre 1941.

L'arrangement A^2, qui est celui des molécules des corps simples, offre deux cas distincts. La molécule est divisible en deux parties qui ont le même nombre s' d'électrons activés (par sous-anneaux et anneaux) et, d'après la formule simple qui relie la fréquence au nombre s', l'égalité des fréquences des deux parties est assurée facilement. Or souvent, dans les molécules biochimiques, les nombres s' des deux parties sont différents, mais avec une différence qui est un petit nombre pair; l'ionisation intérieure peut alors intervenir pour réaliser l'égalité des nombres s' avec en plus l'avantage d'une liaison plus forte des deux parties. Parfois aussi, en particulier lorsque la différence des nombres s' est un nombre impair, les nombres s' primitifs sont conservés, et les fréquences élémentaires correspondantes sont différentes, mais deux harmoniques différents de ces fréquences sont égaux, et révélés par l'analyse. La loi des fréquences égales est ainsi maintenue.

La Note du 1er décembre est consacrée aux molécules formées avec les trois atomes C, H et O, dont le nombre est très élevé. Les six molécules analysées dans la Note, dont le spectre Raman a été relevé, sont présentées simplement comme exemples, et l'une d'elles, le cholestérol, est particulièrement intéressante, à cause de ses ionisations intérieures, qui sont fortes et nombreuses.

La Note actuelle examine les molécules formées avec un quatrième élément qui est le gaz azote N. Leur étude comporte, comme à l'ordinaire, deux étapes. On recherche d'abord, avec la formule brute et la formule de constitution, les divisions des atomes et électrons en deux parties dont les nombres s' d'électrons activables sont égaux ou ont une différence qui est un petit nombre pair et, dans la grande majorité des cas, ces nombres s' sont retrouvés dans l'analyse finale. Parfois cette analyse révèle un arrangement des atomes et électrons qui avait échappé à l'examen des formules; aussi, lorsqu'un composé de formule encore incertaine est découvert, est-il utile de photographier immédiatement, si possible, son spectre Raman, dont l'analyse peut fournir des indications utiles sur la constitution de la molécule.

Le tableau XXVIII ci-contre donne l'analyse des cinq molécules suivantes, choisies parmi celles qui ont paru les plus intéressantes, et dont le spectre Raman est connu :

L'acide cyanhydrique CHN; avec les arrangements CH—N et C—NH, les nombres s' communs sont 3, 5 et 7, 4 et 6 avec et sans ionisation.

L'urée $NH^2.CO.NH^2$; l'ionisation intérieure de CO donne les nombres s' communs 8, 12 et 16.

TABLEAU XXVIII. — *Analyse des fréquences infrarouges des molécules acide cyanhydrique* CHN, *urée* CH^4ON^2, *pyrrole* C^4H^5N, *glycocolle* $C^2H^5O^2N$ *et tyrosine* $C^9H^{11}O^3N$.

Note. — Les *s'* électrons activés dans les atomes et groupes d'atomes sont activés par anneaux (a.) ou par anneaux et sous-anneaux (a'.).

Molécule et mode d'excitation.	Intensité entre ( ) et fréquence (*) de la radiation en cm^{-1}.	Multiple correspondant de $d_1/s'r'$ et résidu.	Nombres *s'* d'électrons activés dans l'atome ou groupe d'atomes et nombre des sous-anneaux et anneaux activés (*a.* et *a'.*).
CHN Liquide Raman.... 14 électrons, 4 fréq.	$\nu=$ (12) 2095 =	$69\,d_1/\,5\times7+0{,}4$	5 et 7 de CH et N 1a. et 2a. — 5 et 7 de N et CH 1a. et 2a.
			5 de CN 1a'. — 1 de H; 7 de C^- 2a. — 7 de NH^+ 2a.
		$71\,d_1/36 \quad +0{,}2$	6 de C 2a. — 6 de NH 1a., 9 de CN 1a. — 1 de H.
CH^4ON^2 Liquide Raman. 32 électrons, 4 fréq.	$\nu=$ (4) 1009 =	$19\,d_1/20 \quad -0{,}4$	10 de CO 1a. — 10 de $(NH^2)^2$ 1a'.
		$57\,d_1/60 \quad -0{,}4$	12 de C^-NH^2 1a. — 12 de O^+NH^2 1a.
			15 de CH^3ON^2 1a'. — 1 de H.
	(2) 3230 =	$73\,d_1/24 \quad -1{,}8$	8 de C^-NH^2 1a'. — 8 de O^+NH^2 1a'.
C^4H^5N Liquide Raman... 36 électrons, 9 fréq.	$\nu=$ (2) 608 =	$4\,d_1/\,7 \quad +0{,}9$	14 de C^4H^5N 1a'. — 2 de H^2; 35 de C^4H^4N 2a. — 1 de H; 7×8—7 de CH et 8 de NH 2a.
		$39\,d_1/34\times2-1{,}4$	34 de C^4H^3N 2a. — 2 de H^2.
	(1) 708 =	$d_1/\,3 \quad -0{,}3$	6 de NH 1a. — 12 de C^4H^4 1a'.; 15 de C^4H^4N 1a'. — 1 de H; 18 de C^3 2a. — 18 de CH^5N 2a.; 3×4 et 5×6.
$C^2H^5O^2N$ Cristal Raman. 40 électrons, 12 fréq.	$\nu=$ (5) 1323 =	$56\,d_1/15\times3+0{,}8$	15 de CO^2H^{++} 1a. — 15 de CNH^{4--} 1a.
			15 de C^2O^2N 1a'. — 5 de H^5.
		$71\,d_1/19\times3-0{,}5$	19 de $C^2H^4O^2N$ 1a'. — 1 de H.
		$112\,d_1/10\times9+0{,}6$	10 de CO^2H^+ 1a'. — 10 de CH^4N 1a'−1a'; 5×6.
		$127\,d_1/17\times6-0{,}3$	17 de CO^2H 1a. — 17 de CH^4N 2a.
	(3) 2964 =	$53\,d_1/19 \quad +0{,}2$	19 de $C^2H^4O^2N$. — 1 de H.
		$67\,d_1/12\times2-2{,}1$	12 de CO^2H^- 1a'. — 12 de CH^4N^+ 1a.
		$92\,d_1/11\times3+1{,}9$	11 de CO^2H 1a'. — 13 de CH^4N 2a.
		$145\,d_1/13\times5+1{,}3$	id. id.
	(3) 880 =	$24\,d_1/29 \quad +0{,}0$	29 de $C^2H^4O^2N$. — 1 de H.
$C^9H^{11}O^3N$ Solution Raman. 96 électrons, 6 fréq.	$\nu=$ (10) 1620 =	$32\,d_1/21 \quad +1{,}0$	21 de OHC^6H^4. — 23 de $C^3H^6O^2N$ 1a'.; 42 ou 6×7.
		$35\,d_1/23 \quad +3{,}1$	id. id.
		$67\,d_1/44 \quad +2{,}1$	22 de OH^6H^{4-}. — 22 de $C^2H^6O^2N^+$ 1a'.
		$61\,d_1/40 \quad -0{,}3$	20 ou 4×5; 40 de $C^9H^7O^3N$ 1a'. — 4 de H^4.
		$96\,d_1/63 \quad +1{,}0$	63 de $C^9H^4O^3N$ 1a. — 7 de H^7.
		$160\,d_1/35\times3+0{,}9$	35 de OHC^6H^4. — 35 de $C^3H^6O^2N$ 1a.
	(9) 844 =	$35\,d_1/44 \quad -1{,}2$	22 de OHC^6H^{4-}. — 22 de $C^2H^6O^2N^+$ 1a'.
		$50\,d_1/63 \quad +0{,}7$	63 de $C^9H^4O^3N$ 1a. — 7 de H^7.
		$54\,d_1/68 \quad +0{,}2$	68 de $C^9H^9O^3N$ 1a. — 2 de H^2.
	(6) 1216 =	$40\,d_1/35 \quad +1{,}7$	35 de OHC^6H^4 1a. — 35 de $C^3H^6O^2N$ 1a.
		$48\,d_1/42 \quad +1{,}7$	6×7 et $C^9H^9O^3N$ 1a'. — 2 de H^2.
		$55\,d_1/48 \quad 1{,}6$	48 de OHC^6H^{4+}. — 48 de $C^3H^6O^2N^-$ 2a.

(*) Les fréquences du tableau sont tirées des mémoires suivants : CHN par DADIEU et KOHLRAUSCH, *Ber. d. Chem. Ges.*, 63, 1930, p. 1657; CH^4ON^2 par THATTE et JOBLEKAR, *Phil. Mag.*, 19, 1935, p. 1116; C^4H^5N par BONINO et MANZONI, *Ricerca Sc.*, 1, 1936, p. 11; $C^2H^5O^2N$ par EDSAAL, *J. Chem. Phys.*, 4, 1936, p. 1; $C^9H^{11}O^3N$ par WRIGHT et LEE, *Nature*, 135, 1935, p. 300. Les intensités ajoutées à chaque fréquence sont comparables seulement pour les fréquences de la même molécule. De plus l'analyse de ces fréquences n'est pas complète; on a inséré seulement dans le tableau les parties les plus intéressantes.

Le pyrrole C^4H^5N ou C^4H^4—NH avec 36 électrons. Or C^3 a 18 électrons, soit la moitié des électrons, et le nombre s' commun 18 est possible; mais, *a priori*, avec cette molécule, l'arrangement du type A^2 ne s'annonce pas comme le plus fréquent.

Le glycocolle $C^2H^5O^2N$, acide aminé, ou $H.CH.NH^2.CO^2H$. Si on le divise en CH^4N et CO^2H, les nombres s' communs aux deux parties sont 17 et avec l'ionisation 10, 12, 15 et 20 (²).

La tyrosine, acide aminé cyclique, présent dans les graines et les pommes de terre, $C^9H^{11}O^3N$ ou OHC^6H^4—$C^3H^6O^2N$. Les nombres s' d'électrons activables dans ces deux parties sont 21, 35 et 49, 23, 35 et 47, d'où les nombres s' communs 35, et avec l'ionisation 22 et 48.

Le tableau montre que tous les nombres s' précédents se trouvent aussi dans l'analyse des fréquences; il signale aussi les fréquences attachées dans ces molécules aux arrangements du type M-pH—H^p et du type CH^2—CH^3. L'analyse du pyrrole révèle que ses fréquences sont dues surtout aux déplacements des atomes d'hydrogène; mais, dans l'ensemble, on vérifie une fois de plus sur ces molécules que chaque fréquence dite de vibration est un harmonique de plusieurs fréquences élémentaires liées à des arrangements différents des atomes et des électrons.

Si l'on considère toutes les molécules présentées dans cette Note et les deux précédentes, on est frappé du nombre et de l'importance des ionisations intérieures. Ces molécules biochimiques sont en général assez fragiles, étant formées de nombreux petits groupes d'atomes assez mal reliés les uns aux autres; l'ionisation leur permet de mieux résister aux

---

(²) M. Sannié (*Bulletin de la Société Chimique de France*, 3 mai 1941) présente les spectres Raman de 22 acides α aminés. Au reçu de ce Mémoire j'ai examiné aussitôt le spectre de l'analine, en solution aqueuse de 17 %. L'alanine, qui est un monopeptide à chaîne linéaire, a été signalée dans presque tous les végétaux et elle entre dans la ocnstitution d'autres monopeptides, en particulier de la tyrosine. D'après sa formule de constitution CH^3—$CH(NH^2)$—CO^2H, elle est divisible en deux parties C^2H^6N et CO^2H dont les nombres s' d'électrons activables sont 13, 19 et 25, 11, 17 et 23, d'où, avec une ionisation simple, les s' communs 12, 18 et 24. Or son spectre est remarquable; la fréquence la plus intense, ν 1419, est égale aux 4/3 de la fréquence universelle d_1 (1062,5) et donc à $16d_1/12$, à $24d_1/18$ et $32d_1/24$. Une fréquence plus faible, ν 530, est égale à $d_1/2$ et donc à $6d_1/12$, $9d_1/18$, $12d_1/24$. Une Note spéciale sera consacrée à l'étude complète de l'alanine et aussi de la leucine, autre monopeptide, très répandue dans le monde animal.

causes de destruction, et, par une sorte de sélection naturelle, les molécules ionisées deviennent les plus nombreuses (³).

Dans les Notes qui suivront, j'appliquerai les mêmes méthodes d'investigation à des molécules plus complexes ou formées d'un nombre plus grand d'atomes différents, et j'aborderai l'étude de la chlorophylle qui est le corps le plus important de la vie végétale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Le rendement en furfural de nos principaux bois indigènes.* Note de MM. **Gabriel Bertrand** et **Georges Brooks.**

Lorsqu'on saccharifie du bois ou un organe lignifié par chauffage avec de l'eau additionnée d'un acide fort, on obtient toujours une certaine quantité de furfural. La formation de cet aldéhyde est due principalement à l'existence de pentoses, en particulier de xylose, sous forme de combinaisons plus ou moins complexes, dans les membranes cellulaires.

Par hydrolyse ces sucres sont d'abord libérés, puis, subissant, au moins en partie, une cyclisation avec perte de trois molécules d'eau, sont transformés en furfural. La fraction ainsi transformée est d'autant plus grande, pour un même échantillon végétal, que la concentration de l'acide est plus forte, la température plus élevée et la durée du chauffage plus prolongée. On peut, en modérant les conditions d'activité du réactif hydrolytique, réaliser la séparation à peu près complète des pentoses en ne produisant qu'une très petite quantité de furfural, ou bien, au contraire, en renforçant ces conditions, obtenir une transformation pour ainsi dire d'emblée et totale des composés furfurogènes.

La production quantitative du furfural ne présente pas seulement un intérêt théorique tenant aux rapports qui unissent cette substance à la composition chimique des tissus lignifiés, elle est aussi d'ordre pratique depuis que le furfural, appelé plus communément furfurol, a reçu des applications industrielles. Cette double considération explique pourquoi nous avons entrepris d'évaluer les proportions de furfural qu'il est possible

(³) Les raies Raman de ces molécules sont souvent larges et parfois très larges, sans être nécessairement des bandes. Il conviendra de les photographier avec des spectrographes plus dispersifs, maintenus à une température constante. Les astronomes ont réalisé plusieurs dispositifs simples qui assurent la constance de la température; la netteté des raies est plus grande et la pose plus courte. La précision des mesures est augmentée, et j'ajoute que les lois appuyées sur le rayonnement des atomes sont en général vérifiées d'autant mieux que les mesures sont plus précises.

d'obtenir, dans des conditions déterminées et toujours les mêmes, à partir de nos principales espèces de bois indigènes.

Nos expériences ont porté sur 13 espèces d'Angiospermes et sur 5 de Gymnospermes, ainsi que sur le bois de tronc ou sur le bois de branche de presque toutes ces espèces; elles ont, d'autre part, été effectuées sur les mêmes échantillons que ceux déjà étudiés par nous à d'autres points de vue [1]. Un mode opératoire en trois temps a été adopté.

Dans le premier temps, on libère les pentoses par une hydrolyse assez douce, donc à une faible concentration d'acide (HCl à 2 % et 5 heures d'ébullition au réfrigérant ascendant), de manière à respecter le plus possible la cellulose et les sucres qui passent en solution; dans le deuxième temps, on augmente la teneur en acide du liquide sucré au point qui assure la transformation des pentoses en furfural avec le meilleur rendement (HCl à 12 %), et l'on sépare cet aldéhyde par distillation; dans le troisième temps enfin, on dose le furfural en le combinant avec la dinitrophényl-hydrazine et en pesant l'hydrazone, cristallisée et insoluble, qui se précipite [2].

Les résultats que nous avons obtenus sont résumés dans le tableau ci-dessous, tableau dans lequel les chiffres sont rapportés à la matière sèche de chaque échantillon de bois, déterminée par chauffage à 100° dans une étuve électrique :

Espèce.	Furfural % de matière sèche. Tronc.	Branche.	Espèce.	Furfural % de matière sèche. Tronc.	Branche.
Angiospermes :					
Tilleul	6,26	6,87	Tremble	3,60	5,35
Érable champêtre	2,95	4,78	Aulne	2,61	4,98
» sycomore	4,15	–	Bouleau	2,58	5,10
Frêne	4,89	4,96			
Charme	9,68	10,26	*Gymnospermes :*		
Châtaignier	3,98	6,36	Épicéa	3,52	4,66
Chêne pédonculé	3,30	10,09	Mélèze	2,98	4,32
» rouvre	5,20	5,18	Pin maritime	2,39	4,97
Hêtre	2,43	5,16	» sylvestre	3,28	4,96
Peuplier	4,83	–	Sapin pectiné	3,80	3,57

(1) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 162; **207**, 1938, p. 952; **209**, 1939, p. 733; **210**, 1940, p. 773, et **212**, 1941, p. 739.

(2) On trouvera la description du mode opératoire et d'autres détails dans le Mémoire qui sera publié ultérieurement.

Sans attribuer un degré excessif de précision au dosage du furfural effectué à partir du bois, il est permis de dire que deux notions nouvelles ressortent nettement de l'examen comparé des résultats :

1° Le bois des Angiospermes fournit ordinairement plus de furfural que celui des Gymnospermes.

2° Chez les Angiospermes aussi bien que chez les Gymnospermes, les proportions de furfural sont plus élevées dans le bois des branches que dans celui du tronc.

On trouve en effet,

	Tronc.	Moyenne.	Branches.	Moyenne.
Angiospermes (%).....	2,4 à 9,7	4,3	2,4 à 3,8	3,2
Gymnospermes (%).....	4,8 à 10,3	6,3	3,6 à 5,0	4,5

Ces différences s'ajoutent et, dans une certaine mesure, la corroborent, à celle que nous avons déjà signalée à propos de la teneur en glucides facilement hydrolysables du tronc et des branches ([3]); leur intérêt doit être retenu aussi bien au point de vue de la biochimie comparée des deux sous-embranchements de Phanérogames qu'à celui de l'origine et de l'évolution des substances incrustantes des membranes lignifiées.

Pratiquement, les résultats que nous avons obtenus démontrent que le bois et, plus économiquement, les déchets de bois peuvent être des sources avantageuses de préparation industrielle du furfural.

OPTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *De la grandeur relative des deux images rétiniennes dans certaines amétropies.* Note de M. **Armand de Gramont**.

Un même individu peut présenter des amétropies différentes d'un œil à l'autre : on constate parfois des myopies unilatérales demandant des corrections de plusieurs dioptries; le cas des hypermétropies prononcées est plus rare; mais certains sujets peuvent avoir été opérés de la cataracte d'un seul œil, l'autre ayant conservé une bonne acuité : ils souffrent de ce fait d'une différence de puissance qui dépasse dix dioptries; le calcul montre que le rapport linéaire des deux images rétiniennes doit être alors voisin de 1,3.

Dans ces deux cas, le fusionnement binoculaire est pratiquement aboli. Nous avons donc recherché chez de tels sujets si la modification de grandeur relative des deux images rétiniennes pouvait le rétablir; ceci implique

([3]) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 162.

une combinaison optique réalisant, non pas toujours l'égalité de grandeur de ces images rétiniennes, mais bien le rapport qui convient au sujet, rapport qui est parfois différent de l'unité.

Cette combinaison devra, d'une part, corriger l'amétropie de l'œil intéressé, d'autre part donner une image rétinienne d'une certaine grandeur, mais en tenant compte, s'il y a lieu, de la correction apportée à l'autre œil. On se trouve ainsi amené à calculer une combinaison optique dans laquelle la puissance d'une part, et la position du point nodal d'émergence de l'autre sont des grandeurs imposées, alors qu'en général le point nodal se trouve au voisinage de la lentille correctrice : en rapprochant le point nodal du cristallin, l'image rétinienne diminue et réciproquement.

Le premier problème à résoudre était donc, après avoir corrigé chaque œil séparément, de déterminer le rapport linéaire des deux images rétiniennes permettant le fusionnement. A cet effet, nous avons réalisé un appareil permettant d'amener respectivement devant les yeux du sujet deux images dont les dimensions relatives peuvent varier de façon continue. Le sujet, muni de verres correcteurs ordinaires, agit sur elles jusqu'à les faire coïncider par fusionnement en vision binoculaire. Cette opération ne présente pas de difficulté, même dans les cas d'amétropies différentielles prononcées.

On déduit de cet essai les grandeurs relatives des images rétiniennes au moment du fusionnement : ce sont celles-ci que devra respecter la combinaison optique cherchée.

Chez un premier sujet examiné, l'œil gauche était sensiblement normal et avait conservé toute son acuité ; l'œil droit avait été opéré de la cataracte. Les grandeurs relatives des deux images qui ont permis le fusionnement se rapprochaient de celles que l'on pouvait prévoir par le calcul ; nous avons alors constitué un système convergent à deux verres permettant de corriger le chromatisme et l'astigmatisme dans un champ d'environ 25° et tel que son plan principal d'émergence fût convenablement placé, c'est-à-dire, dans ce cas, au voisinage du cristallin.

Le résultat a été conforme aux prévisions : la grandeur apparente des objets s'est trouvée être la même pour les deux yeux, mais les muscles moteurs de l'œil opéré, qui n'agissaient pas depuis des années, demandent une rééducation.

Le deuxième cas, à l'opposé du précédent, était celui d'un sujet ayant un œil presque normal et dont l'autre présentait une myopie accentuée. Il n'avait jamais pu fusionner les images provenant de ses deux yeux ; la sen-

sation du relief stéréoscopique lui était inconnue. La correction a été obtenue au moyen d'un seul verre divergent dont les caractéristiques ont été déterminées au moyen de la même méthode. Le fusionnement binoculaire a été ainsi réalisé.

Il a été possible de suivre chez ce sujet le développement du sens stéréoscopique qui était nouveau pour lui et qui, par conséquent, demandait une certaine éducation; celle-ci s'est effectuée en quelques semaines, en même temps d'ailleurs que se transformait la perception du monde extérieur.

Nous avons, d'autre part, eu l'occasion de constater chez un sujet jeune des différences de grandeur d'images rétiniennes suffisamment accusées pour gêner la vision binoculaire et qui n'étaient pas justifiées par l'amétropie différentielle.

Le rétablissement de la vision binoculaire dans ces différents genres d'affections doit pouvoir éviter certains strabismes : quand le fusionnement est impossible, une des deux images devient gênante et se trouve rejetée par une défense de l'organisme en dehors de la fova.

M. **Maurice Caullery** fait hommage à l'Académie du livre qu'il vient de publier, *Organisme et Sexualité* (¹), dans lequel il a envisagé dans leur aspect actuel les principales questions relatives à la détermination et à la différenciation des sexes chez les animaux. Il s'est efforcé d'y coordonner et d'y présenter, de façon aisément accessible, les principaux résultats obtenus, tant par la voie de l'observation que par celle de l'expérimentation, au cours des dernières années.

M. **Jacques de Lapparent** fait hommage à l'Académie d'un article intitulé *Logique des minéraux du granite*, extrait de la *Revue scientifique* (79ᵉ année, mai-juin 1941, pp. 284-292).

La logique des minéraux du granite apparaît dans ce fait que, à partir du complexe dont la roche devait sortir, un certain jeu de l'aluminium, qui implique la tétracoordination de celui-ci par rapport aux particules d'oxygène, s'est manifesté; jeu qui débute, s'accroît, atteint son paroxysme et cesse. Ce jeu, chimique, de l'aluminium fut accompagné du jeu, physique, des charpentes tétraédriques en (Al, Si) — O qui, progressivement,

(¹) Un vol. *Encyclopédie scientifique, Bibliothèque de Biologie générale*, Paris, 1942, 342 p., 107 fig.

se compliquaient spatialement; jeu qui se poursuivait, celui de l'aluminium ayant cessé, pour produire le quartz.

Les phénomènes d'altération du granite rendent à l'aluminium tétracoordonné des feldspaths ses possibilités d'hexacoordination : il n'y a pas d'aluminium tétracoordonné dans les minéraux-argiles.

M. **Émile Guyénot** fait hommage à l'Académie d'un ouvrage intitulé : *Les sciences de la vie aux* XVIIe *et* XVIIIe *siècles. L'idée d'évolution.*

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** donne lecture de la lettre suivante :

Messieurs et honorés Confrères,

Au nom de l'Académie Royale de Belgique tout entière, et plus particulièrement de sa Classe des Sciences, j'ai l'honneur de vous prier d'agréer leurs vives et profondes condoléances pour la lourde perte que vient de faire notre savante Compagnie en la personne de M. Émile Picard, son Secrétaire perpétuel pour les Sciences mathématiques. Notre Académie s'honorait de compter cet illustre savant au nombre de ses membres associés, et c'est avec un sentiment de profonde tristesse que sa disparition est ressentie. Nous vous prions de croire à la très grande part que nous prenons à votre deuil et d'agréer l'expression de nos sentiments confraternels.

Le Secrétaire perpétuel,
Marc de Selys-Longchamp.

MM. **Jules Drach** pour lui et pour la Section de Mécanique; **Edmond Sergent**, membre non résidant; **Robert Esnault-Pelterie**, membre de la Section des applications de la science à l'industrie; **Henri Devaux**, **Paul de Peyerimhoff**, **Édouard Chatton**, Correspondants de l'Académie; **Jean Le Roux**, **Jules Sire** et **Henry Eyraud**, au nom de la Société mathématique de France; **H. Blin** et **David Sidersky** adressent l'expression de leurs sentiments de condoléance à l'occasion du décès de M. *Émile Picard*.

Mme Vve **Hélios Scaëtta** adresse des remercîments pour la distinction que l'Académie a accordée aux travaux de son mari.

Mme **Maurice Ramart**; Mlles **Geneviève Delpey**, **Dorothée Le Maître**; MM. **Maurice Chevassu**, **Raymond Ciry**, **Paul Danguy**, **Georges Darmois**, **Gaston Delépine**, **Henri Devaux**, **Adrien Foch**, **Henri Grenat**, **Henri**

Lefebvre, Jean Rostand, Pierre Sémirot, Émile Sevin, Maurice Villaret adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

MM. **Jean Courtois, Raymond Jacquot, Désiré Leroux, Maurice Piettre, Jean Verge** adressent des remercîments pour les subventions qui leur ont été attribuées pour leurs recherches.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Henri Romagnesi. *Les Rhodophylles de Madagascar* (Entoloma, Wolania, Leptonia, Eccilia, Claudopus).

ARITHMÉTIQUE. — *Sur un nouveau théorème d'arithmétique.* Note de M. **M.-Victor Thébault**, présentée par M. Gaston Julia.

Théorème. — *Soit*

$$N = 123\ldots n$$

un nombre écrit dans le système de base $n+1$, *en plaçant les uns à la suite des autres, par ordre de grandeur croissante, les chiffres* 1, 2, 3, ..., n *employés dans ce système, à l'exception du chiffre* 0. *Si l'on forme le produit* $P = N\lambda$ *de ce nombre par un multiplicateur de deux chiffres,* $\lambda = \alpha\beta$, *dont la somme des chiffres,* $\gamma = \alpha + \beta$, *est un nombre inférieur à n et premier avec n, le produit s'écrira au moyen des chiffres* 0, 1, 2, 3, ..., n, *pris chacun une seule fois et convenablement permutés.*

Comme

$$Nn = N(n+1) - N = 123\ldots n0 - 123\ldots n = 111\ldots 101_{n+1},$$

l'indice rappelant le nombre des chiffres du nombre qui en est affecté, on a

$$N' = Nn\lambda = \alpha\gamma\gamma\ldots\gamma\beta\,\alpha\beta_{n-2},$$

et le produit $P = N\lambda$ est le quotient de N' par n.

En effectuant la division par la règle habituelle, les premiers chiffres

(1) $$\alpha,\quad r_1,\quad r_2,\quad \ldots,\quad r_{n-2},\quad r_{n-1},\quad r_n$$

des dividendes successifs de deux chiffres

(2) $$\alpha\gamma,\quad r_1\gamma,\quad r_2\gamma,\quad \ldots,\quad r_{n-2}\beta,\quad r_{n-1}\alpha,\quad r_n\beta,$$

sont les restes des divisions par n des nombres

$$(3)\qquad \alpha,\quad \alpha\gamma,\quad \alpha\gamma\gamma,\quad \ldots,\quad \alpha\gamma\gamma\ldots\gamma,\quad \alpha\gamma\gamma\ldots\gamma\beta,\quad \alpha\gamma\gamma\ldots\gamma\beta\alpha;$$

le diviseur n étant égal à $(n+1)-1$, les chiffres de (1) sont aussi les restes des divisions par n des sommes

$$\alpha,\quad \alpha+\gamma,\quad \alpha+2\gamma,\quad \ldots,\quad \alpha+(n-2)\gamma,\quad (n-1)\gamma,\quad \alpha+(n-1)\gamma$$

des chiffres des nombres (3).

Si l'on néglige l'avant-dernier terme $(n-1)\gamma$ de cette suite, il résulte de la considération des autres que, γ étant premier avec n, les restes

$$\alpha,\quad r_1,\quad r_2,\quad \ldots,\quad r_{n-2},\quad r_n$$

sont inégaux deux à deux et forment une des permutations de la suite

$$0,\quad 1,\quad 2,\quad \ldots,\quad n-2,\quad n-1.$$

La différence de deux quelconques des dividendes partiels

$$\alpha\gamma,\quad r_1\gamma,\quad r_2\gamma,\quad \ldots,\quad r_{n-3}\gamma$$

est donc au moins de $n+1$ unités, et il en est de même de celles des dividendes $r_{n-2}\beta$, $r_n\beta$; les $n-2$ premiers chiffres $a_1, a_2, \ldots, a_{n-2}$ du quotient sont donc inégaux deux à deux et le chiffre a_{n-1} est différent du chiffre a_{n+1}.

D'autre part, on a

$$r_{n-1}=n-\gamma,\qquad r_n=n-\beta;\qquad a_{n-1}=2n+1-(\beta+\gamma),$$

ou $n-(\beta+\gamma)$, selon que

$$n+1 \lesseqgtr \beta+\gamma;\qquad a_n=n-\gamma,\qquad a_{n+1}=n+1-\beta.$$

Si $\beta\neq 0$, les trois derniers chiffres a_{n-1}, a_n, a_{n+1} du quotient sont donc distincts, et il est alors aisé de constater que a_{n-1}, a_n, a_{n+1} sont différents des $n-2$ premiers chiffres $a_1, a_2, \ldots, a_{n-2}$.

Quand $\beta=0$, le produit $N\lambda$ s'obtient en écrivant un zéro à droite du produit $N\alpha$; la propriété énoncée résulte de ce que α étant plus petit que n et premier avec n, les chiffres successifs $a_1, a_2, \ldots, a_n$ du produit $N\alpha$ forment une des permutations des chiffres de N, car les restes $r_1, r_2, \ldots, r_{n-1}$ sont différents deux à deux, aucun n'étant nul.

Corollaires. — 1. *Si n et γ ont un plus grand codiviseur δ, le produit $N\lambda$ aura la forme*

$$N\lambda = ab\ldots pq\,ab\ldots pq\,ab\ldots p\,\overline{n-\gamma}\,q,$$

les $\delta - 1$ périodes $ab\ldots pq$ étant formées de $n/\delta = \mu$ chiffres différents et le nombre de $(\mu + 1)$ chiffres à droite comprenant le chiffre $\overline{n-\gamma}$ intercalé entre p et q.

2. *Soit*

$$R = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots,\ (n-3)(n-2)n$$

un nombre écrit dans le système de base $n+1$, en plaçant les uns à la suite des autres, par ordre de grandeur croissante, les chiffres employés dans ce système, excepté 0 *et $n-1$. Si l'on forme le produit $R\lambda$ de ce nombre par un multiplicateur de deux chiffres $\lambda = \alpha\beta$, dont la somme des chiffres, $\gamma = \alpha + \beta$, est un nombre inférieur à n et premier avec n, le produit s'écrira avec n chiffres distincts pris parmi* 0, 1, 2, ..., *n et convenablement permutés; le chiffre manquant sera $\overline{n-\gamma}$.*

En effet, les nombres

$$N\lambda = a_1 a_2 \ldots a_{n-1}.(n+1)^2 + a_n.(n+1) + a_{n+1},$$
$$R\lambda = a_1 a_2 \ldots a_{n-1}.(n+1) + a_{n+1}$$

contiennent $n+1$ et n chiffres pris parmi 0, 1, ..., n, et se terminent par a_{n+1}. Donc $R\lambda$ s'écrit avec tous les chiffres de $N\lambda$, excepté le chiffre $a_n = \overline{n-\gamma}$.

3. *Si n et γ ont un plus grand codiviseur δ, le produit $R\lambda$ aura la forme*

$$R\lambda = a'b'\ldots p'q'a'b'\ldots p'q'a'b'\ldots p'q',$$

les δ périodes $a'b'\ldots p'q'$ étant formées de $n/\delta = \mu$ chiffres distincts.

4. *Si l'on forme le produit $M\lambda$ du nombre*

$$M = n(n-1)(n-2)\ldots 321$$

écrit dans le système de base $n+1$ en plaçant les uns à la suite des autres, par ordre de grandeur décroissante, les chiffres n, $(n-1)$, ..., 3, 2, 1 employés dans ce système, à l'exception du chiffre 0, *par un multiplicateur λ inférieur à n et premier avec n, ce produit s'écrira au moyen des chiffres* 0, 1, 2, ..., *n, pris chacun une fois et convenablement permutés.*

Si n et λ ont un plus grand codiviseur δ, le produit $M\lambda$ est formé de δ périodes de n/δ chiffres différents, le $(n+1)^{\text{ième}}$ chiffre à droite étant λ.

5. *Quand on forme le produit $S.\lambda$ du nombre*

$$S = n(n-2)(n-3)\ \ldots\ 321$$

par un multiplicateur λ inférieur à n et premier avec n, si l'on a $\lambda < (n/2)$,

le produit s'écrit avec n chiffres différents pris parmi 0, 1, 2, ..., *n et convenablement rangés: le chiffre manquant est* $\overline{n-\gamma}$. *Si* $\lambda > (n/2)$, *le chiffre* $\overline{n-1}$ *figure deux fois au produit; les chiffres manquant sont* $(n-1-\lambda)$ *et* n, *les autres sont inégaux deux à deux.*

Ces divers théorèmes nous ont été suggérés par une question simple posée par C.-A. Laisant [*L'Intermédiaire des Mathématiciens*, 1894, p. 236 (question 400) et *Mathesis*, 1895, pp. 37 et 65].

GÉOMÉTRIE. — *Sur une extension de la notion d'angle : angles d'un faisceau de trois droites.* Note de M. **Pierre Humbert**, présentée par M. Henri Villat.

Étant donné un faisceau de trois droites OM_1, OM_2, OM_3, dont les coefficients angulaires sont m_1, m_2, m_3, nous définirons deux quantités θ et φ, que nous appellerons *angles* du faisceau, par les relations

$$\left.\begin{aligned} P(\theta, \varphi) &= (1 + m_1 m_2 m_3)\Delta^{-1}, \\ Q(\theta, \varphi) &= (m_2 m_3 + j^2 m_3 m_1 + j m_1 m_2)\Delta^{-1}, \\ R(\theta, \varphi) &= (m_1 + j m_2 + j^2 m_3)\Delta^{-1}, \end{aligned}\right\} \quad \begin{aligned} \Delta &= \sqrt[3]{(1+m_1^3)(1+m_2^3)(1+m_3^3)}, \\ j^3 &= 1, \end{aligned}$$

où les quantités P, Q, R sont les trois *cosinus d'Appell*, définis par

$$e^{\theta+\varphi} = P + Q + R, \qquad e^{j^2\theta + j\varphi} = P + jQ + j^2 R, \qquad e^{j\theta + j^2\varphi} = P + j^2 Q + jR.$$

On remarquera l'analogie de cette définition avec celle de l'angle ordinaire de deux droites, par ses lignes trigonométriques.

Pour simplifier l'écriture, nous représenterons l'ensemble des définitions ci-dessus par l'une ou l'autre des égalités symboliques

$$[m_1, m_2, m_3] = (\theta, \varphi), \qquad [OM_1, OM_2, OM_3] = (\theta, \varphi).$$

On a visiblement

$$[m_1, m_1, m_1] = (0, 0).$$

Les valeurs de θ et φ sont évidemment différentes suivant l'ordre dans lequel on prend les trois directions : on constate aisément que l'on aura

$$\begin{aligned} [m_1, m_2, m_3] &= (\theta, \varphi), & [m_1, m_3, m_2] &= (\varphi, \theta), \\ [m_2, m_3, m_1] &= (j\theta, j^2\varphi), & [m_2, m_1, m_3] &= (j^2\varphi, j\theta), \\ [m_3, m_1, m_2] &= (j^2\theta, j\varphi), & [m_3, m_2, m_1] &= (j\varphi, j^2\theta). \end{aligned}$$

Coordonnées polaires. — Cette nouvelle notion d'angle permet de définir

des coordonnées polaires dans le plan attaché à l'opérateur Δ_3, où la distance ρ d'un point $M(x, y)$ à l'origine est $(x^3+y^3)^{1/3}$. Posons en effet

$$[Ox, Ox, OM] = (\theta, \theta'),$$

et écrivons

$$x = \rho P(\theta, \theta'), \qquad y = \rho R(\theta, \theta'),$$

avec

$$Q(\theta, \theta') = 0;$$

une courbe est alors définie par ρ fonction de θ seul. Si MT est la tangente en M à la courbe, en posant

$$[MO, MO, MT] = (V, V'),$$

nous aurons

$$\frac{R(V, V')}{P(V, V')} = \rho \frac{d\theta}{d\rho}.$$

Somme des angles d'un triangle. — Soit un triangle ABC. Posons

$$[AB, AB, AC] = (A_1, A_2),$$
$$[BC, BC, BA] = (B_1, B_2),$$
$$[CA, CA, CB] = (C_1, C_2);$$

on aura alors

$$A_1 + B_1 + C_1 = -(A_2 + B_2 + C_2) = \frac{2\pi}{\sqrt{3}}.$$

Par exemple, si l'on a AB parallèle à l'axe des x, BC parallèle à l'axe des y, et CA parallèle à la première bissectrice, on trouvera, tous calculs faits,

$$A_1 = \frac{4\pi}{3\sqrt{3}}, \qquad B_1 = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} + \frac{1}{3}\log 2, \qquad C_1 = \frac{\pi}{3\sqrt{3}} - \frac{1}{3}\log 2.$$

Somme des angles d'un bitriangle. — Appelons bitriangle la figure formée par un faisceau de trois droites issues d'un point S et arrêtées en A, B, C à l'axe des x. Si l'on pose

$$[AB, AS, AS] = (A, A'),$$
$$[BC, BS, CS] = (B, B'),$$
$$[CA, CS, CS] = (C, C'),$$
$$[SA, SB, SC] = (S, S'),$$

on aura

$$A + B + C + S = -(A' + B' + C' + S') = 2\pi\sqrt{3}.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'équation de la chaleur dans le cas d'une sphère soumise à des conditions spéciales.* Note (¹) de M. **Vladimir A. Kostitzin**, présentée par M. Paul Montel.

1. *Équations.* — Soit l'équation de la chaleur

$$(1)\quad \frac{\partial u}{\partial t}=m^2\Delta_2 u=m^2\left\{\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial u}{\partial r}+\frac{1}{r^2\sin^2\varphi}\frac{\partial^2 u}{\partial\psi^2}+\frac{1}{r^2\sin\varphi}\frac{\partial}{\partial\varphi}\left(\sin\varphi\frac{\partial u}{\partial\varphi}\right)\right\},$$

$u(r, \varphi, \psi, t)$ désignant la température intérieure ou superficielle d'une sphère de rayon R, qui, sur la surface extérieure, vérifie la relation

$$(2)\qquad \mathrm{E}u(\mathrm{R}, \varphi, \psi, t)=\mathrm{R}\frac{\partial u(\mathrm{R}, \varphi, \psi, t)}{\partial \mathrm{R}}+\Psi(\varphi, \psi, t),$$

la fonction Ψ étant donnée, et qui, au moment initial, est égale à une fonction connue :

$$(3)\qquad u(r, \varphi, \psi, 0)=\Omega(r, \varphi, \psi).$$

On peut étudier de cette façon le régime thermique d'un corps céleste, d'une planète par exemple.

2. *Développements en séries de fonctions sphériques.* — Supposons les fonctions u, ψ, Ω développables en séries de fonctions sphériques

$$(4)\quad \begin{cases} u=\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{k=1}^{2n+1}u_{nk}(r, t)\mathrm{S}_{nk}(\varphi, \psi), \\ \Omega=\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{k=1}^{2n+1}\Omega_{nk}(r).\mathrm{S}_{nk}(\varphi, \psi), \qquad \Psi=\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{k=1}^{2n+1}\Psi_{nk}(t).\mathrm{S}_{nk}(\varphi, \psi). \end{cases}$$

Les fonctions $u_{nk}(r, t)$ vérifient les équations

$$(5)\quad \frac{\partial u_{nk}}{\partial t}=m^2\left\{\frac{\partial^2 u_{nk}}{\partial r^2}+\frac{2}{r}\frac{\partial u_{nk}}{\partial r}-\frac{n(n+1)}{r^2}u_{nk}\right\}, \qquad (6)\quad u_{nk}(r, 0)=\Omega_{nk}(r),$$

$$(7)\qquad \mathrm{E}u_{nk}(\mathrm{R}, t)=\mathrm{R}\frac{\partial u_{nk}(\mathrm{R}, t)}{\partial\mathrm{R}}+\Psi_{nk}(t).$$

Multiplions les deux membres de l'équation (5) par $q_{nk}(r)\,dr$ et intégrons

(¹) Séance du 1er décembre 1941.

par rapport à r de o à R. On obtient de cette façon

$$(8)\quad \frac{\partial}{\partial t}\int_0^{R} q_{nk}(r)\,u_{nk}(r,t)\,dr$$
$$= m^2\int_0^{R} u_{nk}(s,t)\left[q''_{nk}(s)-\frac{2q'_{nk}(s)}{s}-\frac{(n-1)(n+2)}{s^2}q_{nk}(s)\right]ds$$
$$+\,m^2\int_0^{R}\left\{q_{nk}(s)\frac{\partial u_{nk}(s,t)}{\partial s}-q'_{nk}(s)\,u_{nk}(s,t)+\frac{2\,q_{nk}(s)\,u_{nk}(s,t)}{s}\right\}.$$

Choisissons pour $q_{nk}(s)$ la fonction

$$(9)\quad q_{nk}(s)=s^{\frac{3}{2}}\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}\,s}{m}\right),$$

vérifiant l'équation différentielle

$$(10)\quad q''_{nk}-\frac{2}{s}q'_{nk}+\left[\mu-\frac{(n-1)(n+2)}{s^2}\right]q_{nk}=0.$$

En tenant compte de (7) et (10), l'équation (8) devient

$$(11)\quad \frac{\partial \mathrm{V}_{nk}}{\partial t}+\mu\mathrm{V}_{nk}=-m^2\mathrm{R}^{\frac{1}{2}}\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}}{m}\mathrm{R}\right)\Psi_{nk}(t)$$
$$+\,m^2\mathrm{R}^{\frac{1}{2}}u_{nk}(\mathrm{R},t)\left[\left(\mathrm{E}+\frac{1}{2}\right)\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}}{m}\mathrm{R}\right)-\frac{\sqrt{\mu}\mathrm{R}}{m}\mathrm{I}'_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}}{m}\mathrm{R}\right)\right],$$

en posant

$$(12)\quad \mathrm{V}_{nk}=\int_0^{R}s^{\frac{3}{2}}\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}\,s}{m}\right)u_{nk}(s,t)\,ds.$$

3. *Un système orthogonal.* — Choisissons pour le paramètre μ une solution de l'équation caractéristique

$$(13)\quad \left(\mathrm{E}+\frac{1}{2}\right)\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}\mathrm{R}}{m}\right)-\frac{\sqrt{\mu}\mathrm{R}}{m}\mathrm{I}'_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}}{m}\mathrm{R}\right)=0.$$

L'équation (11) prend la forme

$$(14)\quad \frac{\partial \mathrm{V}_{nk}}{\partial t}+\mu\mathrm{V}_{nk}=-m^2\mathrm{R}^{\frac{1}{2}}\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}\mathrm{R}}{m}\right)\Psi_{nk}(t).$$

On en tire, en tenant compte de (6),

$$(15)\quad \mathrm{V}_{nk}(t)=e^{-\mu t}\int_0^{R}s^{\frac{3}{2}}\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}\,s}{m}\right)\Omega_{nk}(s)\,ds$$
$$-\,m^2\mathrm{R}^{\frac{1}{2}}\mathrm{I}_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu}\mathrm{R}}{m}\right)\int_0^{t}\Psi_{nk}(s)e^{-\mu(t-s)}\,ds.$$

Soient μ_{nk} les solutions de l'équation caractéristique (13). Les fonctions

$I_{n+\frac{1}{2}}(\sqrt{\mu_{nh}}\,r/m)$ forment un système orthogonal.

$$(16)\quad \begin{cases} \displaystyle\int_0^R r I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,r}{m}\right) I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{ns}}\,r}{m}\right) dr = 0 \qquad (h \neq s), \\ \displaystyle A_{nh} = \int_0^R r I^2_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,r}{m}\right) dr \\ \displaystyle\quad = \frac{m^2}{2\mu_{nh}}\left[\frac{\mu_{nh}R^2}{m^2} - \left(n+\frac{1}{2}\right)^2 + \left(E+\frac{1}{2}\right)^2\right] I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,R}{m}\right). \end{cases}$$

Ce système est complet, ce qui permet d'écrire les développements

$$(17)\quad \begin{cases} \displaystyle r^{\frac{1}{2}} u_{nk}(r, t) = \sum_h U_{nk}^{(h)}(t) I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,r}{m}\right), \\ \displaystyle r^{\frac{1}{2}} \Omega_{nk}(r) \;\; = \sum_n \omega_{nk}^{(h)} \quad I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,r}{m}\right). \end{cases}$$

Il en résulte pour la fonction $U_{nk}^{(h)}(t)$ la forme

$$(18)\quad U_{nk}^{(h)}(t) = \frac{1}{A_{nh}} \int_0^R r^{\frac{3}{2}} u_{nk}(r, t) I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,r}{m}\right) dr,$$

ou bien, en tenant compte de (12) et de (15),

$$(19)\quad U_{nk}^{(h)}(t) = \frac{1}{A_{nh}} e^{-\mu_{nh}t} \int_0^R s^{\frac{3}{2}} \Omega_{nk}(s) I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,s}{m}\right) ds$$
$$- \frac{1}{A_{nh}} m^2 R^{\frac{3}{2}} I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,R}{m}\right) \int_0^t \Psi_{nk}(s) e^{-\mu_{nh}(t-s)} ds.$$

4. *Solution générale.* — On peut donner à la solution générale la forme :

$$(20)\quad u(r, \varphi, \psi, t) = \frac{1}{m^2}\int_0^R dz \iint \Omega(z, \varphi', \psi') H(\varphi, \psi, \varphi', \psi'; r, z, t) \sin\varphi'\, d\varphi'\, d\psi'$$
$$- \frac{1}{R}\int_0^t ds \iint \Psi(\varphi', \psi', s) H(\varphi, \psi, \varphi', \psi'; r, R, t-s) \sin\varphi'\, d\varphi'\, d\psi'$$

en posant

$$(21)\quad H(\varphi, \psi, \varphi', \psi'; r, z, t)$$
$$= \frac{1}{4\pi}\sum_{n=0}^{\infty}(2n+1) G_n(r, z, t) P_n[\cos\varphi\cos\varphi' + \sin\varphi\sin\varphi'\cos(\psi-\psi')]$$

$$(22)\quad G_n(r, z, t) = m^2 z^{\frac{3}{2}} r^{-\frac{1}{2}} \sum_h \frac{1}{A_{nh}} I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,r}{m}\right) I_{n+\frac{1}{2}}\left(\frac{\sqrt{\mu_{nh}}\,z}{m}\right) e^{-\mu_{nh}t}.$$

En dépit de son aspect compliqué, la formule (20) permet de déterminer facilement les propriétés essentielles de la solution.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Représentation conforme des aires limitées par des continus cycliques.* Note de M. **Arnaud Denjoy**, présentée par M. Élie Cartan.

J'ai proposé d'appeler *continu cyclique* tout continu uniforme (c'est-à-dire ne contenant qu'un nombre fini de continus disjoints de diamètre supérieur à un même nombre) frontière d'une région D. Un tel continu G est décrit par un point M fonction continue d'un point μ parcourant un cercle et satisfaisant à certaines conditions (¹).

Le continu cyclique le plus élémentaire est la courbe simple de Jordan.

I. Théorème. — *C désignant le cercle* $|z| < 1$, Γ *la circonférence* $|z| = 1$, *si la fonction* $f(z) = \Sigma a_n z^n$ *est holomorphe, univalente et bornée dans* C, *la condition nécessaire et suffisante pour que la série* $\Sigma a_n z^n$ *converge uniformément sur* Γ *est que le domaine* D *formé par les valeurs prises par* $f(z)$ *dans* C *ait pour frontière un continu cyclique.*

La condition est évidemment nécessaire.

Montrons qu'elle est suffisante. Nous utilisons l'inégalité de Schwartz appliquée à la condition $\Sigma n |a_n^2| < \infty$. Posons

$$S_n(z) = a_0 + a_1 z + \ldots + a_n z^n, \qquad \sigma_n(\theta) = a_0 + a_1 e^{i\theta} + \ldots + a_n e^{in\theta}.$$

Lemme I. — *Toute fonction* $f(z)$ *holomorphe, univalente, bornée dans* C (ou simplement vérifiant $\Sigma n |a_n^2| < \infty$) *possède les propriétés suivantes :*

1° *La différence* $S_n(z) - f(z)$ *tend uniformément vers zéro dans* C, *quand n croît, si* $1/[n(1 - |z|)]$ *reste borné;*

2° $S_n(z) - \sigma_n(\theta)$ *tend uniformément vers zéro, n croissant, z variant dans* D, *si* $n(z - e^{-i\theta})$ *est borné.*

Donc $\sigma_n(\theta) - f(z)$ tend uniformément vers zéro quand n croît si $1/[n(1 - |z|)] + n|z - e^{i\theta}|$ est borné.

En conséquence *l'ensemble d'accumulation des nombres* $\sigma_n(\theta)$, θ *étant invariable, est identique à l'ensemble des valeurs limites de* $f(z)$ *quand z tend angulairement vers* $e^{i\theta}$.

Notons que $\sigma_n(\theta') - \sigma_n(\theta)$ converge uniformément vers zéro si $n/n' + n'/n$ est borné, n croissant.

Convenons de dire qu'une suite $\sigma_n(\theta')$ définie en tout point θ' d'un intervalle $\alpha\beta$ *converge uniformément au point* θ de cet intervalle si, à tout nombre $\varepsilon > 0$ donné correspondent un entier N et un nombre positif η tels que, de $n > N$ et $|\theta' - \theta| < \eta$, il résulte $|\sigma_n(\theta') - \sigma_{n+p}(\theta')| < \varepsilon$ quel que soit $p > 0$.

(¹) *Comptes rendus*, 197, 1933, pp. 570-572 et 1087-1088.

Si une série est uniformément convergente au sens précédent en chaque point d'un segment, elle est uniformément convergente au sens ordinaire sur la totalité du segment.

LEMME II. — *Si $f(z)$ est univalente, bornée dans* C, *et si $f(z)$ tend vers un point unique $\nu(\theta)$ quand z variant dans* D *tend vers $e^{i\theta}$, la série $\Sigma a_n e^{in\theta}$ converge uniformément en ce point déterminé θ.*

Car, si n croît et si θ' tend simultanément vers θ, $\sigma_n(\theta')$ tend vers $\nu(\theta)$.

En effet, soit $z' = e^{i\theta'}(1 - 1/n)$. D'une part $\sigma_n(\theta') - f(z')$ est borné par un infiniment petit en n indépendamment de θ', d'autre part $f(z')$ tend vers $\nu(\theta)$ par hypothèse quand θ' tend vers θ, n croissant en même temps.

Supposons que la frontière G de D soit un continu cyclique. $u = f(z)$ tend vers une limite unique $\nu(\theta)$ quand z tend indifféremment vers $a = e^{i\theta}$. Cela est évident si G est une courbe de Jordan. Dans le cas général, si z_n dans D tend vers a en même temps que $u_n = f(z_n)$ tend vers b sur G, il existe dans D, d'après le mode d'accessibilité de b, un arc simple de Jordan μ d'extrémité b et passant par une infinité de points u_n. A μ correspond dans C un arc simple λ aboutissant en a (Carathéodory). On en conclut que b est indépendant de la suite z_n; $b = \nu(\theta)$.

II. THÉORÈME. — *Si la série $\Sigma a_n z^n$ converge uniformément sur* Γ, *vers $\nu(\theta)$ pour $z = e^{i\theta}$, la somme $f(z)$ de la série dans* C *étant univalente et bornée, si d'autre part la suite croissante $h_0 = 0, \ldots, h_i, \ldots, h_n = 2\pi$, variable avec un nombre positif ω, vérifie la condition que $(h_i - h_{i-1})/\omega + \omega/(h_i - h_{i-1})$ est borné, la somme $\Sigma|\nu(\theta + h_i) - \nu(\theta + h_{i-1})|^2$ converge en mesure vers zéro quand ω tend vers zéro.*

Le sens de cette proposition est éclairé par les observations suivantes :

1° G *étant un continu plan* (borné), ε *positif étant donné, il est possible, quels que soient les points* A *et* B *situés sur* G, *de joindre* A *à* B *par une chaîne de points* $M_1 M_2, \ldots, M_{n-1}$ $(M_0 = A, M_n = B)$ *situés sur* G *de façon que* $\Sigma \overline{M_{i-1}M_i}^2 < \varepsilon$.

Soient d'abord A et B sur la frontière d'une même région R du complémentaire de G. Considérons un quadrillage du plan par des carrés de côté δ. Soit Π un polygone dont la région positive contient un point déterminé de R et est formée de carrés (δ) intérieurs à R, tandis que chaque côté de Π limite aussi un carré contenant un point de G. Si P et Q sont les sommets de Π les plus voisins de A et de B, et si P, $N_1, \ldots, N_{k-1}$, Q est la chaîne des sommets de Π entre P et Q, soit M_i le point de G le plus voisin de N_i. Évidemment $\overline{M_{i-1}M_i}^2$ est inférieur à cinq fois le carré construit sur $N_{i-1}N_i$ intérieurement à Π. La somme des carrés de cette espèce tend vers zéro avec δ. L'énoncé à établir en résulte.

Si A et B sont quelconques dans G, G détermine sur le segment AB un ensemble fermé F. Considérons les intervalles $i_1, i_2, \ldots, i_m$ contigus à F, de longueur supérieure

à $\varepsilon/2\text{AB}$. Entre les extrémités de chacun des segments séparant les i_p, nous pouvons placer sur F une suite de points de pas inférieur à $\varepsilon/2\text{AB}$. La somme $\Sigma\overline{\text{M}_{r-1}\text{M}_r}^2$ pour cette suite de points sera inférieure à $[\varepsilon/(2\text{AB})].\text{AB}=\varepsilon/2$. Reste à relier les extrémités des intervalles i_p. Mais ces couples de points appartiennent à la frontière d'une même région du complémentaire de G. On peut les joindre par une chaîne de points de G pour laquelle la somme quadratique sera moindre que $\varepsilon/2$. La proposition est établie dans tous les cas.

2° *Si* G *est une courbe simple de Jordan, ayant une aire positive* A, *il est possible, si petit que soit* $n>0$, *de trouver sur* G *une chaîne de points* $\text{M}_0, \text{M}_1 \ldots \text{M}_i, \ldots, \text{M}_n = \text{M}_0$ *progressant sur* G *dans un sens invariable quand l'indice* i *croît, les cordes* M_{i-1}M_i *étant inférieures à* η *en longueur, et* $\Sigma\overline{\text{M}_{i-1}\text{M}_i}^2$ *surpassant* A/8.

En effet, considérons un quadrillage de côté $\delta<\eta$. Désignons par γ les carrés contenant au moins un point de G. Soit N leur nombre : $\text{N}\delta^2>\text{A}$. Soit γ_1 un carré concentrique à un carré γ, de côté moitié moindre et contenant lui aussi un point de G. Soit N_1 le nombre des γ_1 ; $\text{N}_1\delta^2/4$ tend vers A/4 quand δ tend vers zéro. Dans chacun des γ_1 prenons un point M. Numérotons les points M dans l'ordre où nous les rencontrons sur G. La distance de deux points consécutifs M_{i-1}, M_i surpasse $\delta/2$. Quand cette même distance surpasse η, nous pouvons entre M_{i-1} et M_i intercaler sur G une chaîne de points dont le pas soit supérieur à $\delta/2$ et inférieur à η. La chaîne finale obtenue vérifie les conditions posées, quand δ est assez petit.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur un principe de minimum dans l'hydrodynamique des fluides visqueux.* Note de M. **Julien Kravtchenko**, présentée par M. Henri Villat.

Il y a grand intérêt à réduire à la forme variationnelle les problèmes aux limites de la théorie des équations aux dérivées partielles; le problème consiste à former une expression aussi simple que possible, par rapport à laquelle l'équation étudiée jouerait le rôle de l'équation aux variations d'Euler.

Relativement aux équations de l'hydrodynamique des fluides visqueux, ce problème n'est pas résolu dans le cas général; du reste on a montré [1] qu'il est impossible de former une fonctionnelle intégrale quadratique par rapport aux composantes de la vitesse, dont les solutions des équations en cause soient les extrémums.

Toutefois la réduction du problème hydrodynamiqne, dont on trouvera plus loin l'énoncé précis, à un problème variationnel, peut s'opérer moyennant quelques hypothèses restrictives; nous nous proposons d'opérer cette réduction dans le cas des mouvements *lents* et *permanents* des fluides visqueux *incompressibles*, soumis à l'action d'une force extérieure, *dérivant d'un potentiel uniforme.*

---

[1] Ce résultat a été exposé à la Sorbonne (1940-1941).

I. Rapportons l'espace à un système d'axes rectangulaires $Oxyz$ et désignons par μ le coefficient de viscosité et ρ la densité (supposée *constante*) d'une masse fluide animée d'un mouvement *permanent*, sous l'action d'une force extérieure dérivant d'un potentiel uniforme $U(x, y, z)$, indépendant du temps. Si $u(x, y, z)$, $v(x, y, z)$ et $w(x, y, z)$ désignent les composantes suivant les axes du vecteur vitesse $\vec{V}$ (indépendant du temps, par hypothèse) et $p(x, y, z)$ la pression moyenne, les équations du mouvement *permanent* et *lent* du fluide visqueux *incompressible* considéré s'écriront

$$(1)\qquad \begin{cases} \mu\,\Delta u + \dfrac{\partial}{\partial x}(\rho U - p) = 0, \\ \mu\,\Delta v + \dfrac{\partial}{\partial y}(\rho U - p) = 0, \\ \mu\,\Delta w + \dfrac{\partial}{\partial z}(\rho U - p) = 0, \end{cases}$$

système auquel il faut adjoindre l'équation de continuité

$$(2)\qquad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0.$$

Soit alors $\mathcal{D}$ un domaine simplement connexe, limité par la surface fermée S; celle-ci sera supposée suffisamment régulière pour que l'on puisse lui appliquer la formule de Green. La fonction de forces $U(x, y, z)$ est supposée avoir des dérivées premières continues dans le domaine fermé $\mathcal{D} + S$. Ceci posé, le problème aux limites relatif au système (1) et (2) peut être formulé comme il suit :

Trouver un système de solutions u, v, w, p de (1) *et de* (2), *définies et continues avec leurs dérivées secondes dans $\mathcal{D}$ et prenant sur* S *une suite de valeurs données à l'avance.*

Ce problème peut être réduit à un problème de minimum.

II. En effet, considérons l'ensemble E de toutes les fonctions u, v, w et p des variables x, y, z, régulières dans $\mathcal{D}$ (c'est-à-dire possédant dans $\mathcal{D}$ des dérivées continues de deuxième ordre), vérifiant la condition (2) et prenant sur S les valeurs respectives données à l'avance.

III. Notons alors que la fonction $p(x, y, z)$, satisfaisant à (1) et à (2), est nécessairement harmonique dans $\mathcal{D}$; cette fonction est donc entièrement définie dans $\mathcal{D}$ par la donnée de ses valeurs sur la frontière S de $\mathcal{D}$ et l'on peut la considérer comme une fonction extrémale de l'intégrale de Dirichlet

$$(3)\qquad I(p) = \iiint_{\mathcal{D}} \left[\left(\frac{\partial p}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial p}{\partial z}\right)^2 \right] dx\, dy\, dz$$

sur l'ensemble E (cf. l'alinéa II). Ainsi, p est défini indépendamment de la répartition des forces et de celle des vitesses dans $\mathcal{O}$.

IV. Passons maintenant aux fonctions u, v, w. Introduisons la fonctionnelle

$$(4)\quad J(u, v, w) = \iiint_{\mathcal{O}} \Big[\Psi(u, v, w) - u\frac{\partial}{\partial x}(\rho U - p) - v\frac{\partial}{\partial y}(\rho U - p) - w\frac{\partial}{\partial z}(\rho U - p)\Big]\,dx\,dy\,dz,$$

où $\Psi(u, v, w)$ désigne la fonction de dissipation de Lord Rayleigh relative au cas des fluides incompressibles

$$(5)\quad 2\Psi(u, v, w) = 2\mu\left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial z}\right)^2\right] + \mu\left[\left(\frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right)^2 + \left(\frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y}\right)^2\right],$$

et où la fonction $(\rho U - p)$ peut, d'après l'alinéa III, être considérée comme une donnée. Cherchons les extrémums de $J(u, v, w)$ sur le champ E. Si u_1, v_1, w_1 sont les éléments de E qui réalisent un extrémum, tout autre élément de E peut être mis sous la forme

$$u = u_1 + \xi u_2, \qquad v = v_1 + \eta v_2, \qquad w = w_1 + \zeta w_2,$$

où ξ, η, ζ sont des paramètres quelconques et où u_2, v_2, w_2 désignent des fonctions de x, y, z, régulières dans $\mathcal{O}$, assujetties à vérifier (2), nulles sur S, mais par ailleurs quelconques. Des formules (4) et (5) il résulte que la partie principale δJ de la variation $J(u, v, w) - J(u_1, v_1, w_1)$ (lorsque les paramètres ξ, η et ζ sont petits en valeurs absolues) est donnée par la relation

$$(6)\quad \delta J = \xi\mu\Bigg\{ \iiint_{\mathcal{O}} \left[2\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial u_1}{\partial x}u_2\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{\partial v_1}{\partial x}u_2 + \frac{\partial u_1}{\partial y}u_2\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial w_1}{\partial x}u_2 + \frac{\partial u_1}{\partial z}u_2\right)\right]dx\,dy\,dz$$
$$- \iiint_{\mathcal{O}} \left[\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial u_1}{dx} + \frac{\partial v_1}{\partial y} + \frac{\partial w_1}{dz}\right)\right]u_2\,dx\,dy\,dz$$
$$- \iiint_{\mathcal{O}} \left[\Delta u_1 + \frac{1}{\mu}\frac{\partial}{\partial x}(\rho U - p)\right]u_2\,dx\,dy\,dz + \ldots,$$

où les deux termes non écrits s'obtiennent en permutant circulairement x, y, z, u, v, w, ξ, η, ζ dans le terme explicité. La première intégrale du second membre de (6) peut se transformer en intégrale double étendue

à S; or l'élément différentiel de celle-ci sera identiquement nul, puisqu'il contient en facteur la fonction u_2, nulle sur S. De même la seconde intégrale du second membre de (6) est nulle, puisque son élément différentiel est identiquement nul en vertu de (2). Dans ces conditions δJ ne peut être nul identiquement, les paramètres ξ, η et ζ et les fonctions u_2, v_2 et w_2 étant quelconques, que si l'élément différentiel de la troisième intégrale de (6) est identiquement nul; or, d'après un lemme fondamental du calcul des variations, cela exige [cf. (6)] que les fonctions u_1, v_1 et w_1 soient solutions de (1). Le système (1) constitue donc le système d'équations aux variations d'Euler pour la fonctionnelle J, définie par (4) et (5), avec la condition complémentaire (2). C. Q. F. D.

Nous pouvons donc énoncer :

Toute solution du problème aux limites, énoncé à l'alinéa I, *réalise un extrémum pour les fonctionnelles* (3) *et* (4) *sur le champ variationnel* E, *défini à l'alinéa* II.

ASTROPHYSIQUE. — *Les perturbations atmosphériques de la Terre et de Mars.* Note (¹) de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

L'étude des variations de l'agitation microséismique, et notamment de sa variation undécennale, semble démontrer que la fréquence et l'intensité des cyclones sont sous la dépendance des phénomènes solaires (²). Un argument nouveau vient à l'appui de cette conclusion : *les perturbations atmosphériques de la planète Mars se produisent simultanément avec celles de l'atmosphère terrestre.*

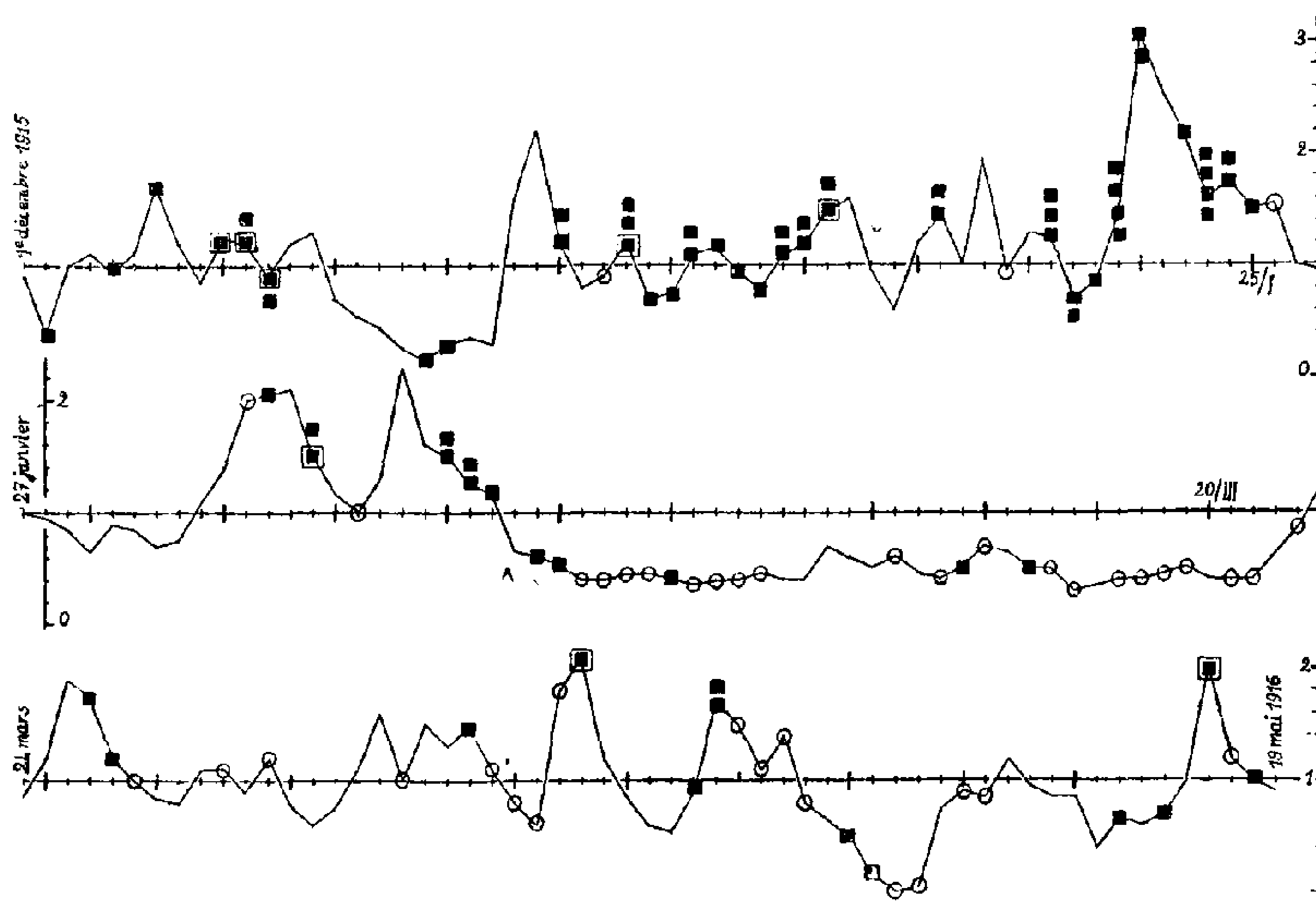
Les observations qui ont été comparées pour arriver à ce résultat sont, d'une part celles des *plages claires momentanées* qui apparaissent à la surface de Mars et voilent parfois des configurations du sol martien habituellement nettes; ces plages, d'après leur apparence même, sont d'origine atmosphérique, et soit qu'elles représentent des condensations nuageuses, soit des nuées de sable soulevées par le vent, elles ne peuvent être que la manifestation d'une perturbation atmosphérique; d'autre part l'amplitude de l'agitation microséismique mesurée en Europe occidentale : elle est

(¹) Séance du 15 décembre 1941.

(²) P. Bernard, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1585. *Ann. de l'Inst. de Phys. du Globe de Paris*, 19, 1941; *Thèse*, Paris, 1940, Chap. V, p. 68.

provoquée par les dépressions du front polaire de l'Atlantique Nord (3) : une forte agitation caractérise dont l'existence de ces perturbations.

Sur la figure a été dessinée la courbe des moyennes journalières de l'agitation à Eskdalemuir du 1er décembre 1915 au 19 mai 1916 (opposition de Mars le 10 février). Ces moyennes journalières ont été corrigées de la variation annuelle (4) en rapportant chacune d'elles à l'ordonnée du même jour, prise comme unité, de la courbe sinusoïdale de la composante



Le signe ▣ représente une plage très blanche ou brillante (cote *a*).
Le signe ■ représente une plage très claire (cote *b*).
Le signe ○ indique les jours où aucune plage *a* ou *b* n'a été observée sur Mars.
L'absence de l'un des signes précédents signifie que la planète n'a pas été observée ce jour-là.

annuelle, isolée par combinaisons linéaires des moyennes mensuelles (méthode de H. Labrouste).

Les jours où une ou plusieurs plages très claires ont été observées sur Mars sont signalés sur cette courbe : ils se groupent nettement autour des jours où l'agitation a été supérieure à la normale, par exemple du 19

(3) *Ibid.*, Chap. III, p. 25.

(4) Nous n'avons aucune correction de ce genre à envisager pour les observations de Mars qui portent sur l'ensemble des deux hémisphères de la planète, où d'ailleurs la marche des saisons est deux fois plus lente que sur la Terre.

au 25 janvier, le 18 avril, le 16 mai; c'est ainsi qu'on observe le contraste que présente la période du 21 février au 22 mars, où l'agitation est demeurée très faible, et où très peu de plages claires ont été notées, avec la première partie de la courbe, où l'agitation est généralement forte, et où les observations ont montré un grand nombre de plages claires, même brillantes.

Des résultats analogues ont été obtenus pour les oppositions de 1914 et 1918 ([5]). Le tableau suivant montre que l'agitation est plus faible les jours sans plages que les jours où les plages très claires sont observées (l'amplitude de chaque jour est affectée d'un poids égal au nombre de plages, les plages *a* comptant pour deux plages *b*).

Période d'observation.	Amplitude moyenne de l'agitation: jours sans plages.	Amplitude moyenne de l'agitation: jours à plages.	Pourcentage *a*, *b*/*a*, *b*, *c*.	Moyenne de l'agitation (Eskdalemuir) (rapport à la normale pour 6 mois).
11 oct. 1913-18 févr. 1914.	0,84	1,29	57	1,06 (sept. 1913-févr. 1914)
2 déc. 1915-18 mai 1916.	0,76	1,25	24	0,93 (déc. 1915-mai 1916)
12 déc. 1917-4 juin 1918.	0,73	1,16	33	1 (déc. 1917-mai 1918)
15 mars-23 mai 1920.	–	–	85	1,20 (févr.-juill. 1920)
14 mai-26 juill. 1922.	–	–	69	1,10 (avril-sept. 1922)

Le pourcentage des plages *a* et *b* au nombre total des plages *a*, *b*, *c* ([6]), est également donné dans ce tableau : sa variation est semblable à celle de la moyenne de l'agitation microséismique pendant les 6 mois encadrant les observations de Mars (rapportée à la moyenne normale des mêmes mois pour 12 ans d'observation). En particulier, la tonalité des plages de Mars a été relativement beaucoup plus claire en 1920, année où l'agitation a présenté un maximum accentué à Eskdalemuir, Saint-Maur, Strasbourg, en coïncidence avec la diminution la plus rapide des nombres de Wolf caractérisant l'activité solaire.

([5]) Les *Observations des surfaces planétaires* de l'Observatoire Jarry-Desloges, d'où sont tirées ces observations, sont actuellement publiées jusqu'à 1922 inclus; les observations de 1920 et 1922 n'ont pu être utilement comparées jour par jour aux observations terrestres, faute de mesures de l'agitation microséismique dans l'hémisphère austral, l'opposition de Mars ayant eu lieu ces années-là pendant l'été européen.

([6]) Les plages cotées *c* sont des plages peu claires qui « ne semblent pas avoir une nature absolument similaire à celle des plages *a* et *b*, et n'ont fréquemment que peu de rapports avec elles comme coloration » (*Observations des surfaces planétaires*, **5**, p. 98; **6**, p. 125).

Remarques au sujet de la Note précédente,
par M. **Charles Maurain.**

Dans la Note précédente, M. Pierre Bernard donne comme conclusion de considérations intéressantes que « les perturbations atmosphériques de la planète Mars se produisent simultanément avec celles de l'atmosphère terrestre ». C'est une vue originale de grand intérêt, mais dont, à mon sentiment, la confirmation demanderait de nouvelles observations. En particulier, M. Pierre Bernard prend comme caractéristique des perturbations atmosphériques terrestres l'agitation microséismique; or celle-ci est assez souvent très différente en des observatoires pas très éloignés les uns des autres. On peut alors se demander ce qu'on doit prendre comme agitation microséismique sur la Terre pour une comparaison journalière avec ce qui se passe sur Mars. D'autre part, le caractère des données positives relatives à la présence d'une atmosphère sur Mars que l'on possède ([1]) porte à une certaine prudence dans la considération des perturbations de cette atmosphère.

PHYSIQUE. — *Comment calculer, sans poser d'hypothèse, la valeur régularisée d'une ordonnée expérimentale.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons indiqué, dans diverses Notes ([1]), comment on pouvait, soit par le choix de l'expression analytique représentative d'une loi expérimentale, soit par ce choix complété par une condition particulière de moyenne, *corriger* des valeurs expérimentales. Au lieu de rechercher une formule convenant pour la représentation d'une loi dans *tout* l'intervalle expérimental, nous allons montrer qu'on peut, sans hypothèse, calculer une valeur améliorée *d'une* ordonnée dont on possède *quelques* voisines.

Jugeant, non sans raison, que les méthodes classiques étaient entachées d'*arbitraire*, nous avons cherché autrefois ([2]) à déterminer les éléments d'une courbe théorique représentative, en imposant cette condition que toutes les ordonnées expérimentales devaient y figurer avec *le même* coefficient en valeur absolue, condition qui s'est révélée, à la fois, trop restrictive

([1]) V. Ch. Fabry, *Les atmosphères des planètes* (*Annuaire du Bureau des Longitudes pour* 1938, p. A.1).

([1]) *Comptes rendus*, 213, 1941, pp. 433, 777 et 827.

([2]) *Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air*, fascicule 36, appendice II.

et insuffisante. Le procédé que nous allons indiquer ici est une généralisation de la *moyenne*.

n déterminations successives de la même grandeur permettent, par le calcul de la *moyenne arithmétique*, d'obtenir une détermination meilleure, parce que l'imprécision de chaque ordonnée est *divisée* par n, et que, selon une unique hypothèse inévitable, et d'ailleurs confirmée par l'expérience, les erreurs expérimentales ne s'ajoutent pas, mais se combinent. Cela étant, soient $y_1, y_2, \ldots, y_n$ les ordonnées expérimentales relatives aux abscisses $1, 2, \ldots, n$. Nous allons en déduire une expression corrigée, de y_1 par exemple, symbolisée (y_1), sous la forme d'une expression linéaire et homogène $\Sigma a_i y_i$ (ce qui suppose l'emploi d'une expression représentative dépendant linéairement des paramètres qui la définissent). Les a_i sont déterminés par la seule condition d'être *le plus petit possible en valeur absolue*, et, comme nous l'expliquions ci-dessus, l'imprécision entachant (y_1) sera *moindre* que l'imprécision des valeurs *isolées*.

Le calcul s'appuie sur la possibilité d'une représentation suffisante de y, dans l'intervalle assez restreint $(1, n)$, par un polynome $(Ax^2 + Bx + C)$. Observons, en passant, que cette expression est préférable à une fonction linéaire qui ne conviendrait que sur un intervalle trop court, et qu'un paramètre *de plus* la rend valable sur un intervalle *beaucoup* plus étendu, et lui permet certaines *particularités* (courbure sensible, maximum); alors, d'ailleurs, que la fonction rationnelle à 5 paramètres que nous avons préconisée (¹) offre plus de possibilités que le polynome à 5 paramètres, la fraction à 3 paramètres est, à tous points de vue, moins intéressante que le polynome.

Nous exprimons d'abord que la formule cherchée s'applique au cas où y serait exactement une constante, un terme en x, un terme en x^2. Montrons le calcul dans le cas de 9 ordonnées. En désignant par $2\beta_k$ la somme $(a_k + a_{9-k})$, et par $2\delta_k$ la différence $(a_k - a_{9-k})$, les a sont ainsi liés déjà par les trois conditions préalables

$$(1) \qquad 2\beta_1 + 2\beta_2 + 2\beta_3 + 2\beta_4 + \beta_5 = 1,$$

$$(2) \qquad 7\beta_2 + 12\beta_3 + 15\beta_4 + 8\beta_5 = 0,$$

$$(3) \qquad 4\delta_1 + 3\delta_2 + 2\delta_3 + \delta_4 = 2.$$

Des tâtonnements méthodiques montrent que les $|a|$ sont le plus petits possible, si β_1, β_2, β_3 sont positifs et égaux, β_4 et β_5 négatifs et égaux, et les δ tous égaux. D'où

$$(4) \qquad 405(y_1) = 196(y_1 + y_2 + y_3) - 14y_4 - 95y_5 - 176y_6 + 34(y_7 + y_8 + y_9).$$

Des considérations analogues conduisent, pour l'ordonnée médiane y_5, à

$$(5) \qquad 42(y_5) = 8(y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8) - 7(y_1 + y_9).$$

(y_9) s'obtient à partir de (4), en renversant le sens des ordonnées. *L'ordonnée médiane est connue avec une précision intéressante, mais non les ordonnées extrêmes.*

Connaissant (y_1), (y_5), (y_9), on peut déterminer le polynome $(Ax^2 + Bx + C)$ correspondant, d'où l'on déduit la valeur régularisée de chacune des ordonnées, une valeur assez approchée de la dérivée en chaque point etc.

Sans s'astreindre à utiliser des formules correspondant *exactement* au maximum de précision, on peut chercher des formules *voisines* d'un maniement *plus commode.* La formule (4) suggère de chercher une expression

$$(y_1) = \alpha(y_1 + y_2 + y_3) - \beta(y_4 + y_5 + y_6) + \gamma(y_7, y_8, y_9)$$

que l'on astreint simplement, alors, à satisfaire aux conditions (1), (2), (3). On a

$$(6) \qquad 81(y_1) = 41(y_1 + y_2 + y_3) - 19(y_4 + y_5 + y_6) + 5(y_7 + y_8 + y_9),$$

les coefficients importants sont peu changés, ce qui justifie cette procédure *simplifiée.* Si l'on dispose de $3n$ ordonnés, on obtient la formule

$$6n^3(y_1) = (11n^2 - 6n + 1)(y_1 + \ldots + y_n)$$
$$- (n-1)(7n-2)(y_{n+1} + \ldots + y_{2n}) + (n-1)(2n-1)(y_{2n+1} + \ldots + y_{3n}).$$

S'il y a $(3n+1)$ ordonnées, le plus avantageux est d'en mettre n dans le 1er et le 3e groupe, $(n+1)$ dans le 2e. Avec $(3n-1)$ ordonnées, on en met n dans le 1er et le 2e groupe, $(n-1)$ dans le 3e.

En ce qui concerne l'ordonnée médiane, on ne voit pas de règle générale. Voici quelques exemples

$$35(y_4) = 9(y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6) - 5(y_1 + y_7),$$
$$33(y_6) = 5(y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10}) - 6(y_1 + y_{11}),$$
$$289(y_7) = 41(y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8 + y_9 + y_{10} + y_{11}) - 20(y_1 + y_2 + y_{12} + y_{13}).$$

De même que la méthode des moindres carrés s'applique (moins simplement il est vrai) au cas où la formule représentative *ne* contient *pas linéairement* les paramètres qui la déterminent, on pourrait étendre, et par un procédé analogue, ces considérations au cas où les données expérimentales y_i *ne* figureraient *pas linéairement* dans les expressions (y_i).

CHANGEMENTS D'ÉTAT. — *Sur une méthode d'étude des brouillards à évolution rapide.* Note de MM. **Roger Kling** et **Georges Gallet**, présentée par M. Aimé Cotton.

Le plus simple des procédés d'étude des brouillards persistants ou à évolution lente consiste à recueillir les gouttes qui les constituent sur des

supports appropriés : huile, glycérine etc. Une observation au microscope permet de déterminer le diamètre de ces gouttes et leur nombre, donc de connaître pour chaque région de l'espace leur courbe de répartition en fonction de leur rayon, c'est-à-dire la structure du brouillard.

L'application de cette méthode aux brouillards à évolution rapide soulève des difficultés. En effet les gouttes recueillies sur le support pendant la durée de son exposition ne proviennent pas toutes de la même phase du phénomène, et leur ensemble n'est pas comparable à celui que constitue le brouillard dans une région et à un instant déterminés.

Si, de plus, comme c'est le cas dans les jets obtenus avec un injecteur de moteur, elles sont animées de vitesses élevées (de l'ordre de 100 m : s), leur arrivée sur le support s'accompagnera vraisemblablement de phénomènes complexes : écrasement, nouveau fractionnement, regroupement de gouttes entre elles. Pour remédier autant que possible à cet inconvénient, on est amené à opérer à une grande distance de l'injecteur, là où les gouttes ont déjà perdu une partie importante de leur énergie cinétique. Or, au cours de la progression du brouillard en atmosphère comprimée, il se produit non seulement une diminution de son énergie cinétique, mais aussi une modification de sa structure. Les mesures faites ainsi concernent donc des brouillards pouvant différer sensiblement de ceux qui interviennent lors de la marche des moteurs.

Enfin, si nous nous plaçons encore dans le cas d'un injecteur, la densité en gouttes du jet nécessite l'emploi de diaphragmes [1] dont l'influence perturbatrice est difficile à apprécier.

Pour toutes ces raisons nous avons cherché à utiliser la méthode optique des anneaux de diffraction. De nombreux expérimentateurs ont employé ce moyen pour étudier des brouillards stables, naturels ou artificiels. En particulier M. J. Bricard a montré récemment, en comparant les résultats obtenus à l'aide des deux méthodes (réception des gouttes sur un support ou diffraction) la validité de la seconde [2].

Le dispositif que nous avons utilisé nous a servi à étudier surtout des brouillards d'injecteurs ; il est conforme au schéma suivant :

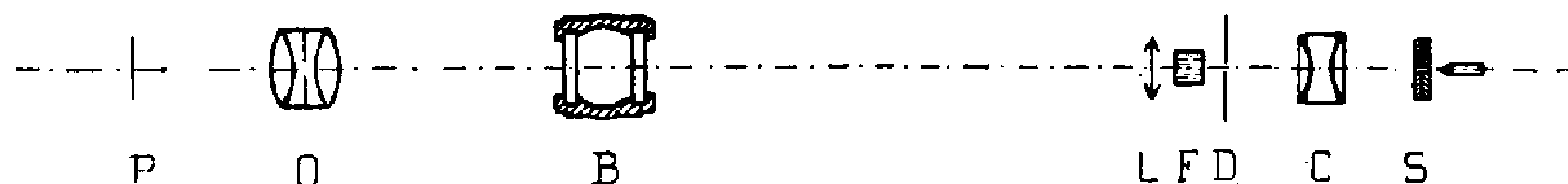
La source lumineuse est une étincelle électrique pratiquement instantanée (durée de l'ordre de 10^{-7} sec.) déclenchée par l'organe mécanique

---

[1] RENÉ RETEL, *Bulletin des services techniques du Ministère de l'Air*, n° 81, août 1938, Paris.

[2] J. BRICARD, *Annales de Physique*, 11e série, 14, 1940, p. 148.

qui détermine le fonctionnement de l'injecteur, cela à l'aide d'un contacteur dont le réglage permet de faire varier à volonté l'instant de l'éclairement. Pour déterminer avec précision la phase étudiée du phénomène, un



S, source, étincelle du stroborama Seguin type G; C, condenseur donnant de S une image dans le plan du diaphragme D; D, diaphragme percé d'un trou de $0^{mm},6$; F, filtre laissant passer les radiations de longueurs d'onde comprises entre 4000 et 4600 angströms; L, lentille donnant un faisceau lumineux parallèle à l'axe; B, bombe où est produit le brouillard à étudier; O, objectif photographique; P, plaque sensible dans le plan focal de l'objectif O.

deuxième éclateur placé à côté du premier donne, par projection directe sur un papier sensible, une image du jet. Un montage électrique convenable réalise le synchronisme du jaillissement des deux étincelles.

La faible section de faisceau lumineux parallèle (diamètre 20^{mm}) permet d'explorer les différentes régions du brouillard. La bombe contient de l'azote (inerte dans les conditions de l'expérience) à une pression telle que la masse spécifique y soit voisine de celle que l'on rencontre dans un cylindre de moteur en fin de compression ([3]).

Le réglage du dispositif est contrôlé à l'aide d'une plaque de verre recouverte de poudre de lycopode et disposée à l'emplacement qu'occupera le jet au cours de l'expérience. Les anneaux formés, alors très nets, permettent de calculer le diamètre des grains (28^{μ}), diamètre mesuré par ailleurs au microscope.

Nous avons constaté que, pour des jets de gas-oil ($d = 0,84$) obtenus avec un injecteur mécanique, les figures de diffraction étaient moins nettes qu'avec le lycopode. Cela tient au manque d'homogénéité du brouillard, qui provoque sur le même cliché la superposition d'anneaux dont les rayons varient continûment. Dans ces conditions seule la position du premier minimum nul correspondant à la goutte de plus grande fréquence peut être déterminée, et cela avec une approximation telle que le rayon de cette goutte est généralement connu à 10 % près.

En modifiant les conditions expérimentales de production des brouillards (type d'injecteur, pression d'injection etc.) et en étudiant par ailleurs différentes phases de l'injection, nous avons obtenu des diamètres de gouttes compris entre 10^{μ} et 100^{μ}.

([3]) R. Kling, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 153.

En définitive cette méthode, applicable à tous les brouillards, doit fournir de précieux renseignements sur les brouillards à évolution rapide et en particulier sur les brouillards d'injecteur, dont la structure est un facteur essentiel de la combustion dans les moteurs.

CHALEUR. — *Sur la convection calorifique des fluides en cours de réaction.* Note de MM. **Yves Rocard** et **Marcel Véron**, présentée par M. Henri Villat.

On a longtemps cru que la capacité de chauffage d'un fluide ne dépendait que de sa température. Puis on a fait intervenir son pouvoir émissif relatif en ce qui concerne le rayonnement et, en ce qui concerne la convection, un coefficient d'échanges calorifiques (par unités de surface, de temps et d'écart thermométrique).

La couche de fluide au contact immédiat de la paroi étant toujours immobile, la chaleur convectée y prend la forme conductive, ce qui permet d'écrire une relation universelle entre le coefficient de convection α_x et le coefficient de conductibilité λ :

$$\alpha_x(T_0-\theta)_x=\lambda\left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)_{y=0},$$

x désignant la direction de l'écoulement et y la direction normale à la paroi, θ la température de la paroi et T la température dans le fluide (T_0 à l'infini ou en valeur moyenne, suivant la convention adoptée). On en déduit dans chaque cas l'expression de α_x, quand on a pu préciser la pente à la paroi du profil transversal $T(y)$ des températures dans le fluide.

Il faut donc connaître la distribution des températures, qui est liée à la distribution des vitesses et aux modes de transfert de la chaleur dans le fluide.

Si la chaleur que le fluide emporte d'un volume élémentaire $dx\,dy\,dz$ équilibre, en régime permanent, la chaleur qu'y apporte la conductibilité, la distribution des températures est régie par l'équation d'Euler-Fourier

$$c\rho\left(u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}+w\frac{\partial T}{\partial z}\right)-\lambda\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)=0.$$

Les théories classiques ou récentes de la convection, qui toutes sont basées sur cette équation, supposent donc au moins implicitement l'hypothèse fondamentale que nous venons d'énoncer.

Or cette hypothèse est en défaut dans le cas, plus général en principe et pratiquement essentiel, où le fluide est le siège d'une réaction endo- ou exothermique, comme l'est une flamme, mélange gazeux en cours de combustion.

Si l'on peut admettre que la combustion se fait sans variation du nombre des molécules présentes, ce qui est toujours approximativement vrai quand elle a lieu dans l'air, il suffit, pour en tenir compte dans la distribution des vitesses, d'écrire qu'à la chaleur apportée à un volume élémentaire par la conductibilité s'ajoute la quantité de chaleur qui y est créée pendant le même temps :

$$c\rho\left(u\frac{\partial T}{\partial x}+v\frac{\partial T}{\partial y}+w\frac{\partial T}{\partial z}\right)-\lambda\left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\right)=q;$$

q, quantité de chaleur créée par unités de volume et de temps, est évidemment liée aux coordonnées x, y, z et aux vitesses u, v, w. Il y aura à préciser son expression à l'occasion du calcul du coefficient de convection.

Pour un même fluide offrant la même température T_0 à l'infini (ou en moyenne), il est clair que les gradients de température, donc le coefficient de convection α_x, sont modifiés et accrus par la présence du terme de combustion q, et qu'ils tendent avec lui vers l'infini quand s'active la combustion au sein du fluide.

Pour une même valeur moyenne de q, α_x sera encore renforcé si la combustion ne s'éteint pas au voisinage de la paroi.

Ainsi se conçoivent maintenant un grand nombre d'observations empiriques qui n'avaient pas jusqu'ici reçu d'explication théorique satisfaisante, encore qu'elles jouent un rôle considérable dans les diverses techniques de la chaleur.

Visant les foyers, on a reconnu que la température et la conservation des parois sont liées au nombre q de calories dégagées en moyenne par mètre cube de foyer et par heure, et que chaque type de paroi se caractérise par la valeur maximum de q qu'il peut sans danger tolérer.

Visant les chaudières à écrans d'eau, la vaporisation croît, heureusement, plus vite avec l'allure de la combustion, et le rendement décroît moins vite que ne le voudraient les lois du rayonnement et de la convection simple.

Visant les surchauffeurs, le moindre réallumage des fumées au contact des tubes chauds accentue la surchauffe dans des proportions bien plus considérables, malheureusement, que ne le voudrait la seule élévation de température des fumées.

Visant les fours de recuit et de trempe traitant des pièces qu'il faut

chauffer de façon homogène et modérée, on doit essentiellement éviter ou retarder la convection des flammes, alors qu'on doit la rechercher et la prolonger dans les fours de fusion (fours Martin), bien que dans les deux cas les gaz brûlés issus des flammes offrent initialement la même température et la même vitesse qu'elles. On voit aussi qu'il n'est pas besoin d'invoquer une éventuelle action catalytique des réfractaires sur la température de combustion pour expliquer qu'une voûte, un lit de briques ou un panneau sont portés à température très élevée quand une veine gazeuse en combustion les balaie à grande vitesse.

Visant la manipulation des chalumeaux de soudure, on doit diriger sur les pièces à traiter la pointe du *dard*, siège de la combustion active, et cependant le *panache*, où la combustion s'achève graduellement, offre une température et une vitesse axiale au moins comparables.

Visant les moteurs à déflagration, où la tranche gazeuse en combustion à un instant donné est un voile très mince, la chaleur cédée aux parois est relativement faible, malgré la haute température qu'offre la masse totale des gaz brûlés, leur forte pression et leur vitesse appréciable.

Visant les turbines à gaz, au contraire, l'écoulement de la veine gazeuse en combustion au contact des aubages soumet ceux-ci à des flux convectifs sévères, qui contribuent à entraver la mise au point.

Visant les gazogènes, les parois ne s'échauffent pas exagérément si l'on écarte d'elles toute lame gazeuse en combustion, comme le permettent des tuyères *radiales* à tirage renversé plongeant jusqu'au centre de la masse du combustible.

Visant les hauts fourneaux, les cubilots, les générateurs de chauffage central, au contraire, la lame gazeuse ascendante en combustion, qui s'écoule surtout le long des parois où la résistance est moindre, contribue à réaliser une forte capacité de transmission.

En pyrométrie de contact, l'erreur due au rayonnement du témoin *placé dans une flamme* est inférieure aux corrections qu'on calcule en introduisant les valeurs connues du coefficient de convection dans l'équation d'équilibre calorifique du témoin.

En calorimétrie, les calorigraphes basés sur l'échauffement d'un couple par la flamme des gaz étudiés sont plus sensibles que ne le voudraient les inégalités de leurs seules températures de combustion.

On citera sans commentaires les conséquences visant les analyseurs de gaz combustibles à filament chauffé, les feux de cheminée, la propagation des incendies, la balistique intérieure etc.

Il nous reste à préciser les expressions du coefficient de convection *vive* des fluides en cours de réaction, pour les principaux cas d'écoulement et de combustion qui peuvent se présenter.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la dispersion de la constante diélectrique des aluns.* Note [1] de M. **Robert Guillien**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai indiqué [2] que les aluns présentent à basse température des anomalies dans leurs propriétés diélectriques. La constante diélectrique ε' atteint un maximum élevé pour une certaine température T_1 au-dessous de laquelle sa valeur diminue considérablement. L'absorption électrique ε'' passe par un maximum pour une température T_2 inférieure à T_1.

J'ai repris les mesures pour les aluns de fer et d'ammonium, de chrome et d'ammonium, d'aluminium et d'ammonium, d'aluminium et de potassium en faisant varier dans un domaine étendu la fréquence F des oscillations utilisées pour mesurer ε' et ε''. F était compris entre 50 et $1,36.10^7$ périodes par seconde pour les mesures de ε'', entre 0 et $1,36.10^7$ pour les mesures de ε'. Le domaine de température étudié a été étendu aux températures de l'hydrogène liquide. Ces mesures ont renforcé l'analogie que j'avais déjà signalée entre le comportement des liquides visqueux et des aluns (à l'exception de l'alun de Al et K). Les températures T_1 et T_2, auxquelles ε' et ε'' sont maxima, sont d'autant plus basses que la fréquence F est plus faible, tout comme dans le cas des liquides visqueux. Les différentes courbes représentant (*fig.* 1) ε' ou ε'' en fonction de la température ont un aspect très voisin de celui obtenu par exemple pour les glycols [3].

A température constante T, lorsque la fréquence croît, ε' décroît suivant une courbe en S, ε'' passe par un maximum ε''_M pour une certaine fréquence F_M (qui dépend de T) puis décroît. L'alun d'Al et K se distingue des autres en ce que les courbes représentant ε' en fonction de T n'ont pas de maximum, mais seulement un changement de pente; cependant les courbes ε'', T ont encore un maximum à une température T_2 qui diminue en même temps que F.

---

(1) Séance du 15 décembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 21.

(3) A. H. White et S. O. Morgan, *Physics*, 2, 1932, p. 313.

La théorie de P. Debye ([1]) de la dispersion anomale des liquides donne l'absorption ε'' en fonction du temps de relaxation des molécules et de la fréquence F du champ appliqué. On peut en tirer, en utilisant les coordon-

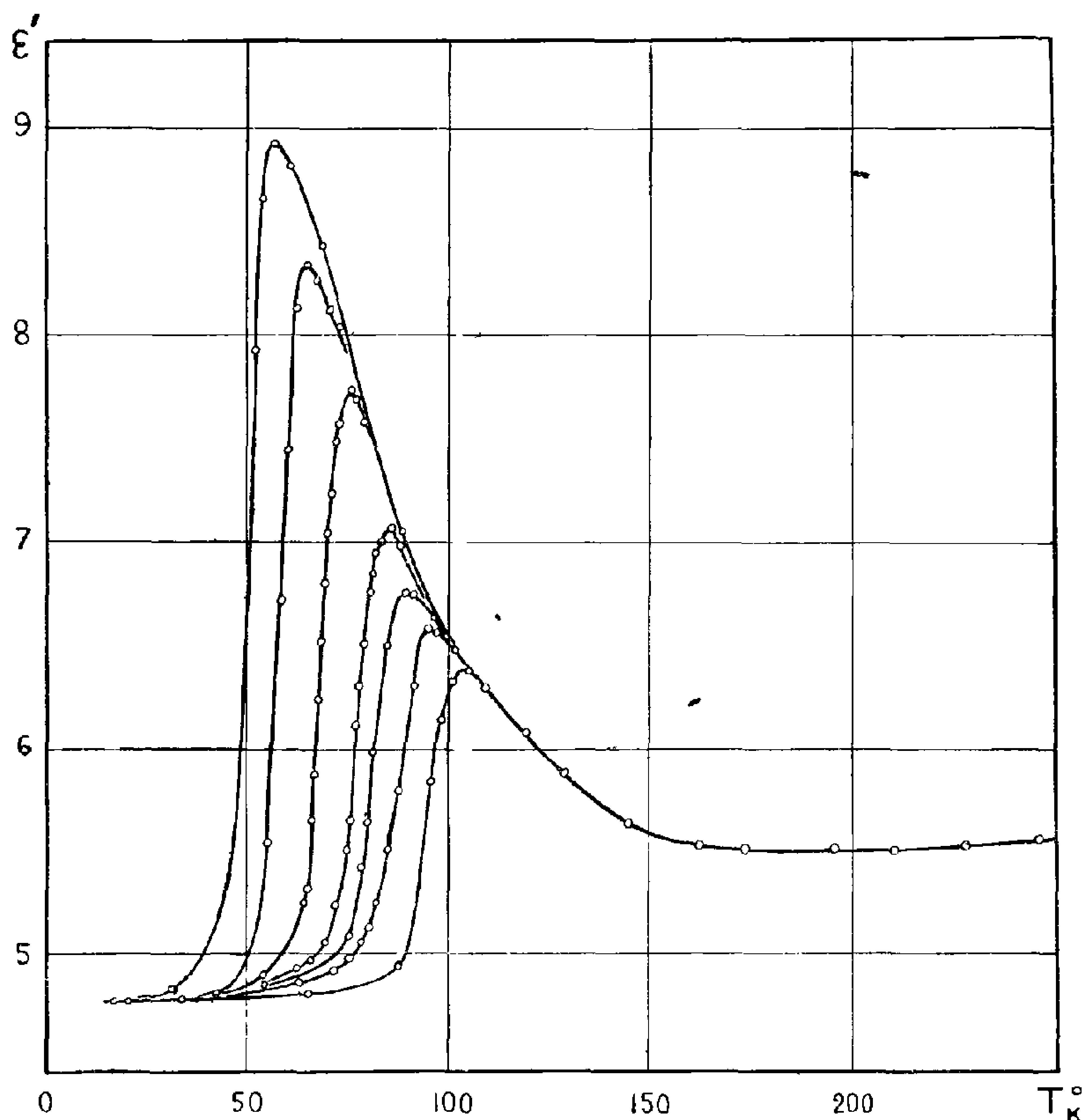


Fig. 1. — Constante diélectrique de l'alun d'aluminium et d'ammonium fondu en fonction de la température. Les courbes correspondent de gauche à droite aux fréquences de 50; 5700; $6{,}92.10^4$; $4{,}79.10^5$; $1{,}27.10^6$; $3{,}29.10^6$; $1{,}36.10^7$ périodes par seconde.

nées réduites $\varepsilon''/\varepsilon''_M$ et F/F_M, une relation ne contenant pas de constante arbitraire $\varepsilon''/\varepsilon''_M = 2(F/F_M)/[1 + (F/F_M)^2]$.

Il est remarquable qu'une théorie quantique de la dispersion électrique dans les cristaux due à C. J. Gorter et R. de L. Kronig ([2]) conduise à des

([1]) *Polar Molecules* (*Chemic. Catalog C°*, New York, 1929, p. 94).

([2]) *Physica*, 3, 1936, p. 100.

relations du même type que la théorie classique de Debye. La figure 2 montre que la relation ci-dessus est assez bien vérifiée par l'expérience.

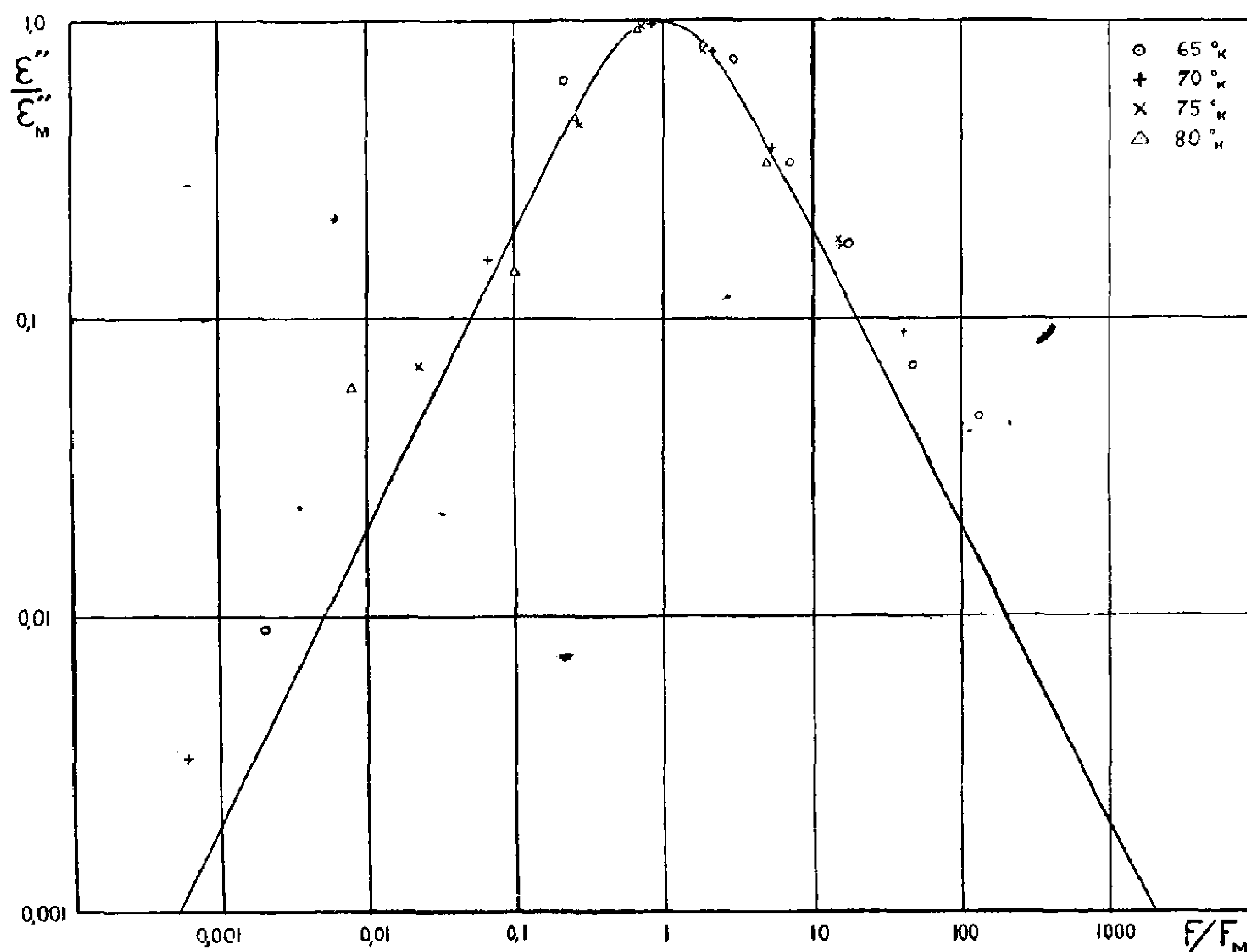


Fig. 2. — Variation de l'absorption électrique en fonction de la fréquence pour l'alun d'aluminium et d'ammonium fondu. La courbe est donnée par la théorie de Debye.

Cependant la courbe représentant au mieux les mesures serait un peu au-dessus de la courbe théorique. L'accord serait rétabli en supposant l'existence de plusieurs temps de relaxation, ce qui élargirait la base de la courbe théorique.

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la vitesse de transport des acides forts et des bases fortes dans l'électrolyse aqueuse.* Note (1) de MM. **Pierre Jolibois, Francis Fer** et **Robert Lateulade**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous (2) a montré antérieurement que les acides forts et les bases fortes subissent en solution aqueuse une véritable cataphorèse.

(1) Séance du 26 novembre 1941.

(2) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 858.

On peut en mesurer la vitesse de la manière suivante : l'appareil se compose d'un tube d'environ 1^cm de diamètre en verre traversé dans sa partie supérieure par trois fils de platine de forme sinueuse situés dans des plans perpendiculaires à l'axe du tube et distants d'environ 30^mm les uns des autres. Ce tube est mastiqué à la partie supérieure d'un récipient de grande capacité muni à sa partie inférieure d'une électrode placée au-dessous d'un tube E par où peuvent s'évacuer les gaz de l'électrolyse. L'autre électrode F est située à l'extrémité supérieure du tube ABC. Suivant que l'on veut étudier le mouvement des acides ou des bases, on relie l'électrode F au pôle moins ou au pôle plus d'une source à tension variable dont on peut faire varier le voltage de 0 à 3000 volts, de manière à maintenir constante l'intensité du courant au cours d'une expérience (de l'ordre de 0,5 à 2 milliampères pour les dimensions de l'appareil). Lorsque l'acide (dans le cas où l'électrode F est négative) s'éloigne de la cathode, il est remplacé par de l'eau; on mesure la différence de potentiel entre A et B à l'électromètre à quadrant en reliant B à la carcasse de l'appareil et A à l'aiguille et en appliquant entre les quadrants une différence de potentiel de l'ordre du volt, une paire de quadrants étant reliée à la carcasse.

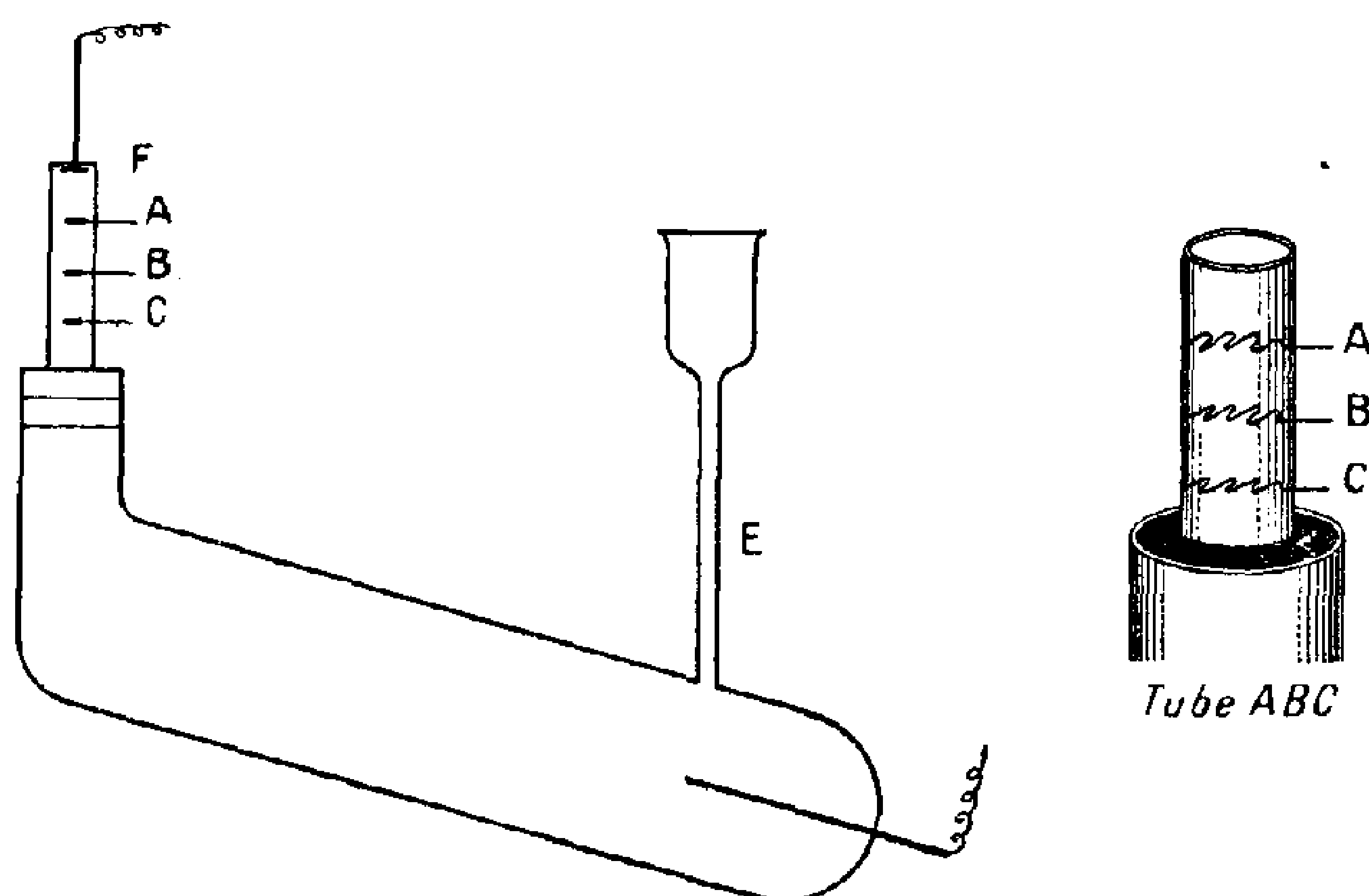
Tant que la couche de séparation de l'eau et de l'acide n'a pas atteint la sonde A, la différence de potentiel reste constante. Dès que l'eau atteint la sonde, la différence de potentiel augmente rapidement à cause de la grande résistance de l'eau. On note le temps du passage. On change alors les connexions et l'on relie B et C à l'électromètre. Le même phénomène se reproduit au moment du passage de la couche en B; on note à nouveau le temps. Le temps mis par la couche à parcourir l'espace AB est donc mesuré. La distance AB est déterminée préalablement à la machine à diviser. Si l'on a gradué l'électromètre en volts, on connaît également la différence de potentiel (constante pendant la première phase de l'expérience) qui règne entre A et B; on en déduit le champ accélérateur.

	Vitesse de déplacement de la couche par volt cm-sec.	Mobilité de l'ion [1]. $10^{-3}x$.	
HCl	0,00063	0,00068	Cl
$1/2\,SO^4H^2$	0,00069	0,00071	$1/2\,SO^4$
NaOH	0,00046	0,00045	Na
KOH	0,00068	0,00067	K
LiOH	0,00033	0,00035	Li

([1]) *Tables de Constantes de la Société française de Physique*, p. 630.

Nous avons mesuré de cette manière en solution N/1000 la vitesse de cataphorèse de quelques bases et de quelques acides courants. Les nombres que nous avons ainsi trouvés concordent d'une manière assez exacte avec ceux trouvés par d'autres auteurs pour la mobilité des ions, ainsi que le montre le tableau ci-dessus.

Il ne faut pas s'en étonner. Les mobilités des ions sont calculées d'après des mesures de variation de concentration dans les vases qui contiennent les électrodes. Or, dès que le courant est établi, le champ électrique au voisinage de celles-ci agit toujours sur des bases ou sur des acides. En



Tube ABC

effet, si l'expérience porte sur un sel du type SO^4K^2, ce qui représente pour nous le type de l'électrolyse pure sans réactions parasites, une mise en liberté d'acide et de base a lieu aux électrodes. Et la quantité de ces corps qui apparaît est surabondante par rapport à celle que la cataphorèse met en mouvement; dans le langage des ions on traduit cette surabondance en disant que les ions H et OH ont des vitesses plus grandes que celles des autres ions. Pour ceux-ci la vitesse calculée d'attirance ou d'éloignement compense exactement la mise en liberté faradique.

Si du métal ou du métalloïde est mis en liberté, ce n'est qu'au contact même de l'électrode. A courte distance de celle-ci le liquide est basique ou acide; par conséquent le phénomène de transport au voisinage des électrodes est le même que celui que l'on peut constater sur un acide ou une base pure. L'analyse des ions dans les compartiments anodique et cathodique après un bilan complet du dépôt électrolytique conduit donc forcé-

ment au même résultat qu'une étude pure et simple du déplacement par cataphorèse de l'acide ou de la base, quel que soit l'électrolyte, puisque, dès le passage du courant, l'électrode ne plonge que dans l'eau pure ou dans un acide ou dans une base.

Un résultat est à constater, c'est que, dans aucune des méthodes, on ne mesure directement le déplacement des ions H et OH. On déduit leur vitesse (celle des ions par exemple) de la formule de Kohlrausch en constatant que, pour tous les acides, quel que soit l'anion, la conductibilité est composée de deux termes, dont l'un constant est attribué à l'ion H. La prétendue vitesse de déplacement des ions H (ou OH) n'est déduite d'aucune mesure directe et se trouve, en quelque sorte par définition, telle que le passage du compartiment anodique au compartiment cathodique ait exactement la valeur du dégagement faradique d'hydrogène. On suppose ainsi que l'hydrogène dégagé à la cathode appartient à l'acide. Or l'un de nous a démontré [2] que, lors de l'électrolyse d'un acide, les ions H déchargés à la cathode proviennent de l'eau, en même temps que les ions H appartenant à l'acide sont entraînés avec l'anion vers le pôle positif.

SPECTROSCOPIE. — *Étude comparative du spectre d'absorption du chlorure de sodium dans l'eau lourde et dans l'eau ordinaire.* Note de Mlle **Jacqueline Doucet** et M. **Boris Vodar**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les travaux de Franck et Scheibe ont montré que l'absorption des halogénures alcalins en solution aqueuse correspond à l'arrachement de l'électron de l'ion halogène. Ceux de Tréhin [1] ont mis en évidence l'influence de l'hydratation et de l'association des ions sur ce processus. A ce point de vue, il était intéressant de faire l'étude comparative de l'absorption du chlorure de sodium dans l'eau ordinaire et dans l'eau lourde.

Nous avons utilisé du chlorure de sodium synthétique, dont l'absorption s'est montrée équivalente à celle du produit purifié par Tréhin par précipitation microcristalline. Les solutions dans l'eau ordinaire bidistillée ont été faites suivant la méthode habituelle; les solutions dans l'eau lourde à

(1) *Ann. de Phys.*, 5, 1936, p. 445.

99,2 % ont été préparées et étudiées à l'abri de l'humidité atmosphérique; leurs titres étaient 1/2, 3 et 5 mol-g au litre. On a utilisé une cuve de Baly en quartz et la méthode de spectrophotométrie photographique. Les épaisseurs étaient comprises entre 0,1 et 3,5 cm.

Dans ces conditions, les résultats sont les suivants :

1° D^2O est moins absorbant que H^2O entre 2000 et 1870 Å, limite du domaine exploré (à 1886 Å, $k = 0{,}09$ pour D^2O, et $k = 0{,}165$ pour H^2O d'après Tsukamoto); ce fait concorde bien avec les observations qualitatives de Franck et Wood ([2]) sur la vapeur d'eau lourde et de Cassel ([3]) sur la glace lourde, qui ont montré que la bande de D^2O est plus loin dans l'ultraviolet que celle de H^2O.

2° A toutes les concentrations étudiées, les solutions de ClNa dans D^2O sont moins absorbantes que les solutions de même titre dans H^2O ; n'ayant pu explorer une tranche spectrale suffisante, et, en particulier, n'ayant pas atteint le maximum de la courbe d'absorption, nous ne pouvons pas affirmer s'il s'agit d'un déplacement ou d'un élargissement de la bande. Toutefois l'effet est considérable : vers 2050 Å, la courbe d'absorption de ClNa dans D^2O est reculée, suivant les concentrations, de 10 à 30 Å vers les courtes longueurs d'onde par rapport à celle de ClNa dans H^2O.

3° Dans D^2O, on observe, comme dans H^2O, les effets de température et de concentration signalés par Tréhin.

4° La bande faible de 2700 Å, étudiée par Mlle Tournaire ([4]), est exactement à la même place et a une intensité très voisine pour les solutions dans D^2O et H^2O. Cela semble confirmer son attribution à l'ion Cl_3^-.

Le déplacement observé dans le cas de la vapeur et de la glace lourdes a été attribué à l'énergie de zéro de D^2O, qui est de 1240 cm^{-1} environ plus faible que celle de H^2O. Une explication analogue doit être valable pour l'effet observé sur les solutions, car les propriétés électriques qui interviennent dans la structure des solutions électrolytiques (constante diélectrique et son coefficient de température) sont très voisines pour D^2O et H^2O ([5]). Ainsi nos expériences montrent que la théorie des spectres des solutions électrolytiques doit tenir compte de l'énergie cinétique des molécules du solvant. Notons enfin que nos résultats sont d'accord avec

---

([2]) *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 667.

([3]) *Proc. Roy. Soc.*, 153, 1935, p. 534.

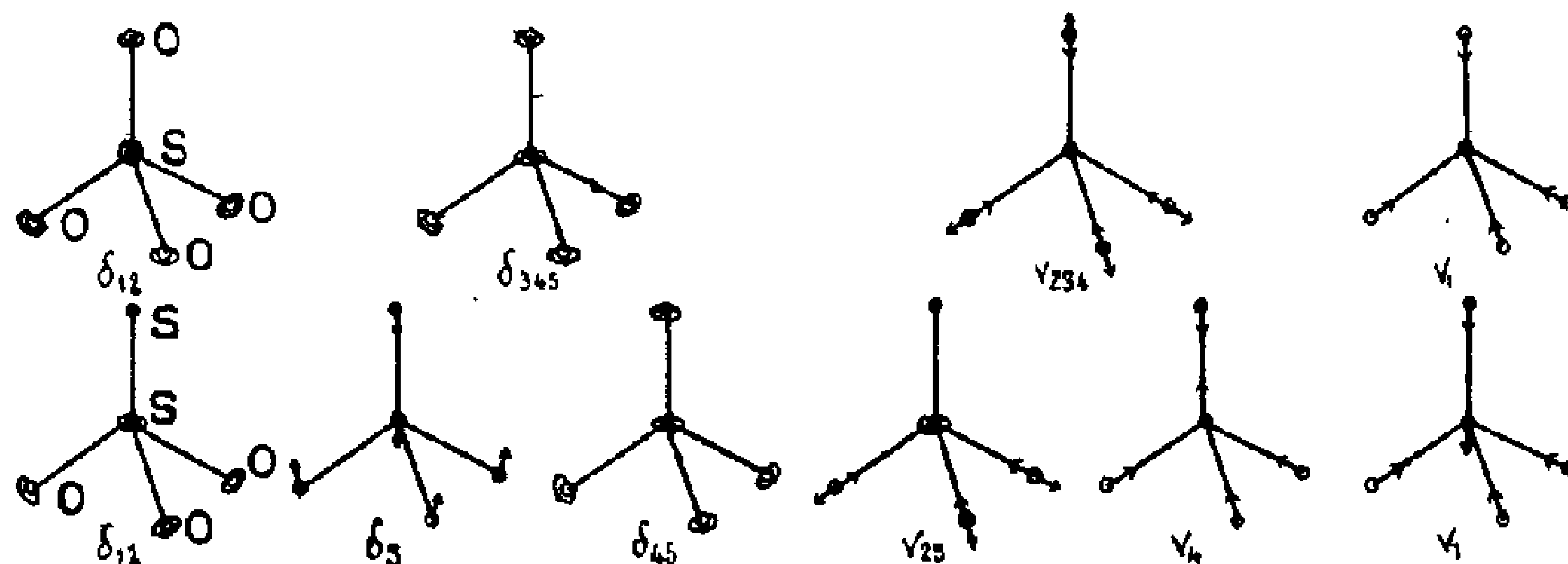
([4]) *Rev. d'Opt.*, 14, 1935, p. 436.

([5]) J. Wyman jr. et S. N. Ingalls, *J. Am. Chem. Soc.*, 60, 1938, p. 1182.

les travaux de Duhm sur les cristaux $SO^4Cu,5\ H^2O$ et $SO^4Cu,5\ D^2O$ et de Zanko et Brodski sur SO^4Ni et SO^4CO en solution dans H^2O et D^2O; toutefois, l'interprétation de ceux-ci est plus difficile.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption infrarouge et modes de vibration de thiosulfates. Modes de vibration et structure du groupement* SO^3 *dans ces sels et dans quelques autres sels métalliques.* Note de Mme **Raymonde Duval** et M. **Jean Lecomte**, présentée par M. Aimé Cotton.

Les thiosulfates, caractérisés par le groupement S^2O^3, ont été improprement appelés, pendant longtemps, des hyposulfites. En réalité, ils se déduisent des sulfates en remplaçant l'un des atomes d'oxygène par un atome de soufre; aussi peut-on leur attribuer également une structure tétraédrique, l'un des atomes de soufre, celui qui est hexavalent, placé au centre de gravité du tétraèdre, joue un rôle différent de l'autre, qui est bivalent, et placé à l'un des sommets, ce qui est en accord avec les propriétés chimiques. En admettant d'abord que la molécule possède un axe ternaire, perpendiculaire au plan des trois atomes d'oxygène (symétrie C_{3v}), on prévoit six vibrations distinctes, toutes actives dans l'absorption et dans la diffusion, et qui se déduisent des quatre vibrations distinctes du groupement SO^4 (*fig.* 1).



Entre les fréquences de 510 et de 1600 cm^{-1}, les spectres d'absorption d'une dizaine de thiosulfates, pris à l'état de poudre, ont été obtenus avec les spectromètres enregistreurs précédemment décrits [1]. Ces spectres possèdent quatre principales régions d'absorption et les nombres sont en

(1) P. Lambert et J. Lecomte, *Comptes rendus*, 189, 1929, p. 155; J. Lecomte, *Ibid.*, 196, 1933, p. 1011.

accord avec ceux des spectres de réflexion de trois thiosulfates, précédemment examinés ([2]). Sauf pour la région de 624 à 671 cm^{-1}, où la présence d'atomes lourds déplace la bande vers les faibles fréquences, on n'observe, pour les trois autres, aucune variation systématique.

Nous avons également porté dans le tableau les raies du spectre de diffusion du thiosulfate et du dithionate de sodium, que nous devons à l'obligeance de M. Jean-Paul Mathieu ([3]), les fréquences moyennes, indiquées par Kohlrausch pour le groupement SO^4, ainsi que quelques nombres concernant les sulfites et les dithionates.

Mode de vibration......	–	δ_{12}	–	δ_{345}		ν_1	ν_{234}
Groupement SO^4........	–	451	–	613		981	1104 cm^{-1}
Mode de vibration......	–	δ_{12}	ν_4	δ_{45}	δ_3	ν_1	ν_{23}
Absorption I.R. des thiosulfates.............	–	–	–	510 à 565 (F)	624 à 675 (TF)	965 à 1006 (F)	1084 cm^{-1} à 1132 (F)
Spectre Raman de $S^2O^3Na^2$.	238 (tf)	335 (m)	448 (TF)	?	668 (tf)	998 (F)	1120 (f)
	?	D	P	–	?	P	D
Sulfites (absorption et réflexion I.R. et Ra) ([4]).	–	–	–	–	510	968	880 à 940
Dithionates (absorpt. et réflexion I.R. et Ra) ([4]).	–	? 515	279	–	570 710	1095	1200

Si l'attribution des modes de vibration δ_{12}, ν_4, ν_1, ν_{23} se fait sans ambiguïté, avec l'aide de la dépolarisation des raies Raman, il n'en est plus de même pour δ_3 et δ_{45}. On peut prendre pour δ_{45} et δ_3 respectivement les fréquences entre 510 et 565 d'une part, et entre 624 et 675 cm^{-1} d'autre part, ou l'attribution inverse. Comme la fréquence δ_{345} de SO^4 se place entre les deux, nous ne pouvons pas tirer argument de cette comparaison. Nous pensons cependant que la première alternative est la plus vraisemblable; la deuxième région, en effet, ne correspond jamais qu'à une bande, alors que la première comprend généralement deux fréquences distinctes, qui peuvent provenir d'un dédoublement de δ_{45}, dû à ce fait que la symétrie

---

([2]) V. SIHOVEN, *Zeits. Physik*, 20, 1923, p. 272; *Ann. Acad. Sc. Fennicae*, 20, A, pt. 7, 1924.

([3]) Études antérieures sur le spectre Raman : P. PRINGSHEIM et M. YOST, *Zeits. Physik*, 58, 1929, p. 1; H. NISI, *Jap. Journ. Phys.*, 5, 1929, p. 119.

([4]) SIHOVEN (*loc. cit.*) pour la réflexion, Cl. DUVAL et J. LECOMTE pour l'absorption.

de la molécule est moins grande que celle que nous avions admise. On peut supposer, par exemple, d'après divers auteurs, que le thiosulfate de sodium s'écrit $S = S\begin{smallmatrix}\diagup O-Na \\ =O \\ \diagdown O-Na\end{smallmatrix}$, formule dans laquelle deux des atomes d'oxygène ne jouent pas le même rôle que le troisième. Dans ce cas il n'existe plus qu'un plan de symétrie, dont la présence se traduit par l'existence de raies Raman dépolarisées. Des considérations analogues sur la symétrie suffisent peut-être pour expliquer l'existence de deux acides thiosulfuriques, qui a été signalée par divers chimistes.

Le spectre Raman du thiosulfate de sodium contient une raie très faible à 238 cm^{-1}, qui échappait à la classification précédente et qui pourrait représenter une deuxième composante de δ_{12}. Pour ν_{23}, nous n'avons pas observé de dédoublement, peut-être par défaut de résolution spectrale.

Parmi les modes de vibration des thiosulfates, δ_{12}, δ_3, ν_1, ν_{23} représentent, en quelque sorte, des vibrations du groupement SO^3, que l'on retrouve avec d'autres composés (sulfites et dithionates). Dans tous ces sels métalliques envisagés jusqu'ici, *l'ion* SO^3 *possède une structure pyramidale*, car, si elle était plane, la concordance entre les spectres d'absorption et de diffusion ne pourrait pas avoir lieu pour plusieurs modes de vibration. La même conclusion a déjà été indiquée, antérieurement à nos recherches, pour ClO^3, BrO^3, IO^3, mais, si l'on porte les quatre fréquences propres distinctes de ces composés, en fonction des masses atomiques de Cl, Br, I, on constate que les points correspondant à SO^3 ne se placent pas sur les courbes précédentes. Ce résultat tient à ce que l'angle au sommet de la pyramide, que l'on calcule d'après les spectres de vibrations, est, dans les sels métalliques, pour le groupement SO^3, de l'ordre de 125 à 145°, c'est-à-dire beaucoup plus grand que celui des trois autres groupements (106 à 108°). Si l'on passe à l'anhydride sulfurique, SO^3, l'un de nous ([5]) a montré qu'à l'état de vapeur sa structure était plane, mais qu'elle devenait pyramidale à l'état liquide (avec des complications dues à la présence de polymères).

([5]) H. GERDING et J. LECOMTE, *Nature*, Londres, 142, 1938, p. 718; *Physica*, 6, 1939, p. 737.

SPECTROSCOPIE. — *Spectres d'absorption par réflexion, dans l'ultraviolet, d'oxalates métalliques à l'état solide.* Note de M. **Alain Berton**, présentée par M. Paul Lebeau.

Nous avons examiné, au moyen des spectres de réflexion de poudres, l'absorption ultraviolette d'oxalates métalliques à l'état solide. Un grand nombre de ces sels (voir le tableau ci-après) possèdent une bande d'absorption, relativement étroite, d'une largeur comprise entre 2500 et 4000$^{cm^{-1}}$, et dont le maximum varie avec la nature de l'élément basique entre 2600 et 2450 Å. Cette bande ne peut correspondre qu'aux deux groupements carboxyles du radical oxalique.

L'acide oxalique, par contre, est caractérisé par une large bande dont la limite vers les grandes longueurs d'onde se trouve à 2970 Å. Un maximum peu intense, vers 2660 Å, ainsi qu'une bande étroite apparaissent sur le spectre; cette dernière est limitée, du côté des grandes longueurs d'onde, par le seuil à 2970 Å de la bande large et, du côté des petites longueurs d'onde, par un minimum étroit à 2860 Å.

On retrouve, en outre, pour un certain nombre d'oxalates, une série de ces bandes étroites, régulièrement espacées et délimitées par des minima d'une largeur de 300 cm^{-1} environ et distants les uns des autres de 1500 cm^{-1} en moyenne. A notre connaissance, ces bandes remarquables [1] n'ont jamais été décrites jusqu'ici. On peut les rapprocher de celles qu'à observées Schaumann [2] pour quelques sels examinés à très basse température. Leur apparition serait liée à des conditions de forte cohésion entre atomes, car elles ne s'observent pas pour l'acide oxalique et les oxalates en solution aqueuse.

Il y a décalage vers les grandes longueurs d'onde des bandes d'absorption, par rapport aux autres oxalates, pour les sels d'argent, de cuivre bivalent, de mercure, de cérium trivalent, d'étain, de plomb, de fer bivalent, de nickel et de cobalt.

L'eau d'hydratation a pour effet de décaler, comme pour les nitrates, les bandes d'absorption vers les grandes longueurs d'onde, à l'inverse de ce qui a lieu pour les sulfates et les chlorures. Le décalage est de l'ordre de 50 à 100 Å.

---

(1) Elles se retrouvent sur les spectres d'absorption obtenus par transmission pour des oxalates en poudre relativement transparents.

(2) *Z. f. Phys.*, 76, 1932, p. 1.

$C^2O^4H^2 2OH^2$ .... limite 2970 Å
min. 2850 (f)
max. 2640

$C^2O^4H^2$ anh .... limite 2920
min. 2800 (f)
max. 2580 (f)

$C^2O^4Na^2$ .... limite 2660
min. 3055
2900
2775
max. 2530

C^2O^4NaH .... limite 2990
min. 2830 (f)
max. 2610

$C^2O^4K^2.OH^2$ .... limite 2675
min. 3080 (f)
2950 (f)
2800 (f)
max. 2580

$C^2O^4K^2$ anh .... limite 2775
min. 2695 (f)
2615 (f)
max. 2640

$(C^2O^4)^2KH^3 2OH^2$ .... limite 3000
min. 2890 (f)

$C^2O^4(NH^4)^2OH^2$ .... limite 2710
max. 2590

C^2O^4Ca .... limite 2600
max. 2500

C^2O^4Sr .... limite 2600
max. 2530

C^2O^4Ba .... limite 2680
max. 2570

$C^2O^4Mg.2OH^2$ .... limite 2535
max. 2440

$C^2O^4Zn.2OH^2$ .... limite 2515
min. 2890 (f)
2745 (f)
2625 (f)
max. 2480

C^2O^4Zn anh .... limite 2420

$C^2O^4Cd.3OH^2$ .... limite 2570
min. 2970
2850
2710
2590
max. 2460

$(C^2O^4)^3La^2.4OH^2$ .... limite 2680 Å
max. 2590

$(C^2O^4)^3Pr^2 10OH^2$ .... limite 2690
Bandes étroites du Pr (visible)

$(C^2O^4)^3Nd^2 10OH^2$ .... limite 2720
Bandes du Nd :
3550, 3515, 3475, 3275, 2990

$(C^2O^4)^3Sm^2 10OH^2$ .... limite 2660
Bandes du Sm :
4020, 3900, 3750, 3460, 3310, 3170

$(C^2O^4)^3Ce^2.9OH^2$ .... limite 3670

$C^2O^4Cu.1/2OH^2$ .... limite 3300

$C^2O^4Ag^2$ .... limite 2980
min. 3290
3500 (F)
3120 (F)
2980 (f)

$C^2O^4Hg^2OH^2$ .... limite 3280

C^2O^4Sn .... limite 3600

C^2O^4Pb .... limite 3150

$C^2O^4Fe.2OH$ absorbe tout l'u. v. et une partie du visible

$C^2O^4Ni.2OH^2$ .... limite 2840
Bande large du Ni (visible)

C^2O^4Co .... limite 3460
Bande large du Co (visible)

$C^2O^4(CH^3)^2$ .... limite 3070
min. 2950
Bande étroite à 3230

Oxalates doubles :

$+C^2O^4Cu.C^2O^4(NH^4)^2.2OH^2$
limite 3100

$+C^2O^4Cd.6C^2O^4(NH^4)^2.9OH^2$
limite 2970
min. 2840 (F)
2715 (f)

$+C^2O^4Fe.C^2O^4(NH^4)^2.xOH^2$
limite 4300

(F) fort; (f) faible.

Notons enfin que les oxalates acides présentent une bande large sensiblement identique à celle de l'acide oxalique.

Les oxalates doubles possèdent des bandes différentes de celles de leurs constituants, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'il y a, comme pour les nitrates doubles, liaison mutuelle entre les anions et les cations des constituants avec formation de complexes.

Nous avons donc montré, au moyen des spectres de réflexion d'oxalates en poudre, l'influence des éléments basiques et celle de l'eau d'hydratation sur les bandes d'absorption ultraviolettes caractéristiques du radical oxalique. En outre, des séries de bandes étroites, régulièrement espacées, ont été observées, pour la première fois, dans le cas de l'acide oxalique et d'un certain nombre d'oxalates solides.

PHOTOCHIMIE. — *Décomposition photochimique des solutions d'acide ascorbique dans l'ultraviolet.* Note de Mlle SYLVANIE GUINAND, présentée par M. Aimé Cotton.

On sait que la destruction photochimique de l'acide ascorbique est à la base d'une méthode de dosage de cet acide (¹).

M. Vacher et Mlle Lortie (²) ont donné une technique de cette destruction. Ils l'obtiennent en irradiant les solutions aqueuses au moyen d'un tube à vapeur de Hg sous basse pression et haute tension et l'attribuent à la raie de résonance 2537 Å du Hg, cette raie étant comprise dans la bande d'absorption de l'acide ascorbique.

Or nous avons noté (³) que les radiations actives ne pouvaient être que celles de l'ultraviolet lointain où l'acide ascorbique présente une réabsorption intense (au delà de 2000 Å).

Nous avons repris cette étude : dans ce but nous avons utilisé une source analogue à celle de M. Vacher et de Mlle Lortie (tube rectiligne à vapeur de Hg de la maison Gallois). Les solutions ayant été préparées dans des conditions déjà indiquées (³), nous les avons irradiées avec la lampe fonctionnant sous 35 mA, 1000 volts :

1° en interposant un filtre de glucose cristal de $2^{mm},5$ d'épaisseur, transparent jusqu'à 2250 Å;

2° sans interposer de filtre.

(¹) A. CHEVALLIER et Y. CHORON, *Bull. Soc. Chim.*, 19, 1937, p. 511.

(²) *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 726.

(³) S. GUINAND et B. VODAR, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 526.

Nous avons étudié la destruction en suivant la disparition de la bande d'absorption au moyen d'un spectrophotomètre à cellule photoélectrique. Les densités optiques ont été mesurées à 2650 Å, centre de la bande caractéristique de l'acide ascorbique.

Pour la solution étudiée (environ 10^{-5} gr/cm³) sous 10^{mm} d'épaisseur, avant l'irradiation, la densité optique était de 0,63. Dans le premier cas, après 25 minutes d'irradiation, elle devient égale à 0,61 : la bande d'absorption subsiste, pratiquement l'acide ascorbique n'est donc pas détruit; l'action photochimique des radiations supérieures à 2250 Å est sensiblement nulle.

Dans le second cas, après le même temps d'irradiation, la densité optique tombe à 0,07, ce qui indique une destruction presque complète.

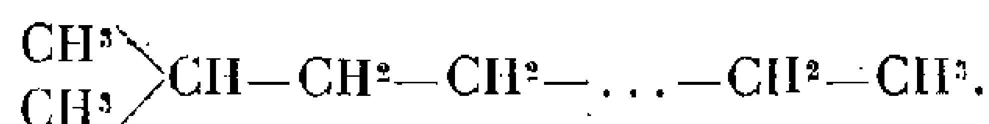
Dans cette destruction photochimique les radiations actives sont donc bien celles de l'ultraviolet lointain, probablement 1942 et 1849 Å, les plus intenses dans le spectre d'émission de la lampe utilisée, au-dessous de 2250 Å.

Nos résultats ne concordent donc pas avec l'interprétation de cette destruction photochimique donnée par les auteurs cités, *la raie 2537 Å étant pratiquement inactive*. L'emploi de la lampe à mercure à haute tension garde cependant l'intérêt déjà signalé d'une destruction rapide avec un flux facilement contrôlable, alors que celui de l'étincelle [3] est beaucoup plus difficile à maintenir constant. On pourrait rendre presque monochromatique le rayonnement photochimiquement actif en coupant la raie 1849 Å à l'aide d'une couche très mince d'un absorbant convenable (glucose cristal par exemple), ce qui ne laisserait subsister que la radiation 1942 Å et quelques autres, beaucoup plus faibles, 2063 et 2262 Å.

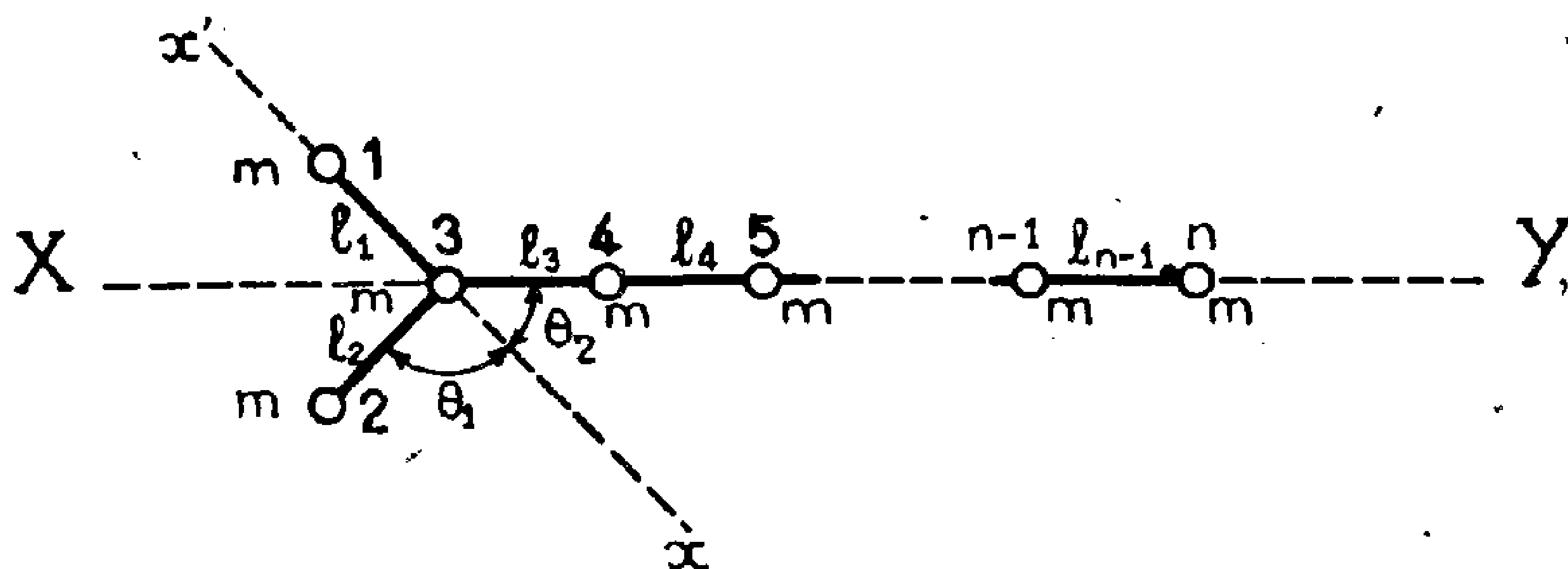
M. Vacher et Mlle Lortie obtiennent une destruction totale en quelques secondes, avec une lampe alimentée sous 11700 V, 225 W, alors que, avec des solutions identiques et une lampe sous 1000 V, 30 W, dans nos expériences la destruction n'est complète qu'après 15 minutes d'irradiation; le rapport de ces deux temps n'est pas du tout celui des puissances; cela pourrait s'expliquer par le fait que dans le premier cas le tube hélicoïdal entoure complètement la cuve, qui reçoit ainsi un flux plus grand; il est également possible que le régime de la lampe de M. Vacher et Mlle Lortie favorise l'émission de la raie 1849 Å qui résulte du passage $2^1P_1 \rightarrow 1^1S_0$.

PHYSIQUE MOLÉCULAIRE. — *Sur une méthode de calcul approchée des fréquences propres de vibration de carbures saturés aliphatiques ramifiés.* Note de M. MAURICE PARODI, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous nous proposons de calculer les fréquences propres de quelques-uns des mouvements plans de vibration des carbures de formule générale



Tous les radicaux ayant des masses voisines, nous remplaçons ces derniers par des particules matérielles de même masse m et nous supposons les constantes de liaison identiques et de valeur commune k; d'autre part, au lieu de raisonner sur un modèle coudé, nous faisons l'approximation d'une configuration à n masses,



symétrique par rapport à XY et telle qu'à l'état d'équilibre toutes les liaisons aient la même longueur.

Désignons par θ_1 l'angle des valences 1-3 et 2-3 et par θ_2 l'angle que fait chacune d'elles avec XY. Soit l_i la variation de longueur de la liaison entre les particules de rang i et $i+1$; les équations du mouvement s'obtiennent en considérant l'énergie potentielle comme provenant uniquement de la variation de longueur des liaisons, négligeant ainsi la contribution, d'ailleurs relativement faible, due à la variation de l'angle de valence θ_1. Comme l'ont fait Bauermeister et Weizel pour étudier d'autres modèles [1], nous avons écrit, pour chaque liaison, le mouvement des masses qui la limitent en prenant un axe $x'x$ dirigé suivant la

[1] *Physik. Zeits.*, 37, 1936, p. 169.

liaison elle-même. En désignant par x_i et x_{i+1} les déplacements des particules extrêmes sur cet axe, on a $x_{i+1} - x_i = l_i$ et les équations du mouvement, écrites avec les variables l_i, s'obtiennent sans difficulté :

$$
\begin{gathered}
-ml''_1 - 2kl_1 + kl_2\cos\theta_1 + kl_3\cos\theta_2 = 0, \\
kl_1\cos\theta_1 - ml''_2 - 2kl_2 + kl_3\cos\theta_2 = 0, \\
kl_1\cos\theta_2 + kl_2\cos\theta_2 - ml''_3 - 2kl_3 + kl_4 = 0. \\
kl_3 - ml''_4 - 2kl_4 + kl_5 = 0, \\
\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \\
kl_{n-3} - ml''_{n-2} - 2kl_{n-2} + kl_{n-1} = 0, \\
kl_{n-2} - ml''_{n-1} - 2kl_{n-1} = 0.
\end{gathered}
$$

En supposant harmoniques les variations de longueurs l_i et en faisant le changement de variable $x = m\omega^2 - 2k/k$, les fréquences propres ν sont données par la relation

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}\sqrt{x+2},$$

x étant solution de l'équation de degré $n-1$

$$
\begin{vmatrix}
x & \cos\theta_1 & \cos\theta_2 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\
\cos\theta_1 & x & \cos\theta_2 & 0 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\
\cos\theta_2 & \cos\theta_2 & x & 1 & 0 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 1 & x & 1 & 0 & \ldots & 0 & 0 & 0 \\
. & . & . & . & . & . & \ldots & . & . & 1 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & 1 & x & 1 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & & 0 & 1 & x
\end{vmatrix} = 0.
$$

Pour vérifier le degré d'approximation de cette méthode, nous l'avons appliquée à la recherche des fréquences propres de l'*isopropane*, de l'*isohexane* et de l'*isooctane*.

Nous avons pris $\theta_1 = 70°30'$, calculé à partir du propane; d'autre part on peut écrire

$$\nu = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2k}{m}}\sqrt{\frac{x+2}{2}} = \nu_0\sqrt{\frac{x+2}{2}},$$

ν_0 étant la fréquence d'oscillation de deux particules m mises en présence; nous prendrons $\nu_0 = 919\,\mathrm{cm}^{-1}$, valeur afférente à la liaison CH^2—CH^2, comme Kirkwood et Bonner l'ont montré ([2]).

([2]) *Journ. of Chem. Physics*, 7, 1939, p. 506.

Le tableau suivant permet de comparer les résultats du calcul aux données expérimentales (³).

		Fréquences (cm⁻¹).						
Isopentane..	ν calc...	510	865	985	1160			
	ν obs...	470 (R.)	–	994 (I. R.)	1158 (I. R.); 1161 (R.)			
Isohexane...	ν calc...	460	740	960	1055	1220		
	ν obs...	..	731 (I. R.)	963 (I. R. et R.)	1040 (I. R.); 1044 (R.)	1256 (I. R.); 1250 (R.)		
Isooctane (⁴).	ν calc...	310	575	775	973	990	1150	1250
	ν obs...	–	–	756 (I. R.)	953 (I. R.)	–	1150 (I. R.)	–

Malgré les approximations faites, on constate un assez bon accord.

RAYONS X. — *Spectres L d'émission et d'absorption et niveaux caractéristiques du tantale* (73). Note (¹) de Mlle **Ioana Manescu**, présentée par M. Aimé Cotton.

Cette Note présente une étude du spectre L du tantale. Le dispositif expérimental a déjà été décrit (²).

L'émission était due à une anticathode massive de tantale, excitée sous 40 kV. Les mesures des raies d'émission ont été faites en premier ordre pour les régions α et β, en premier et second ordres pour la région γ, par des pointages directs sur les clichés; les raies $K\alpha$ et $K\beta$ des éléments suivants, prises en second ordre, servaient de références : Cd, Ag, Pd, Rh, Ru, Mo, Zr et Sr. Le tableau ci-après présente les émissions, classées d'après le niveau L initial. On remarque un écart entre mes valeurs et celles antérieurement admises, qui, pour certaines raies, atteint quelques dixièmes d'unités X.

J'ai mesuré pour la première fois les raies suivantes : 1° β_{15} qui se détache nettement de β_2; 2° $L_{II}N_{VI,VII}$ identifiée par rapport à β'_7 ($L_{III}N_{VI,VII}$); 3° γ_4 et γ'_4 qui, grâce au bon pouvoir de résolution du mica analyseur, apparaissent dédoublées sur mes clichés en premier comme en deuxième

(³) J. Lecomte, *Annales de Physique*, 10, 1938, p. 503.

(⁴) Le spectre Raman de ce composé n'a pas été fait à notre connaissance.

(¹) Séance du 8 décembre 1941.

(²) Y. Cauchois et I. Manescu, *Disq. Mat. et Phys.*, 1, 1, 1940, p. 117.

Spectre L d'émission du tantale.

Émissions.		Mesures antérieures (*N. B.*). λ. u. x.	λ. u. x.	$\frac{\nu}{R}$.
	M_{II} $\beta_4 L_I$	1343,07	1342,92	678,57
	M_{III} β_3........	1304,09	1304,08	698,78
	M_{IV} β_{10}.......	K 1251,1	1251,18	728,33
	M_V β_9........	K 1243,9	1243,89	732,59
	N_{II} γ_2.........	1103,0	1103,14	826,07
	N_{III} γ_3.........	1097,08	1097,15	830,58
	O_{II} γ'_4........	1062,7	1063,23	857,08
	O_{III} γ_4........	–	1062,46	857,69
L_{II}	M_I η.........	1467,9	$1468{,}0_3$	$620{,}7_4$
	M_{IV} β_1........	1324,23	1324,29	688,12
	N_I γ_5........	1170,8	1170,48	778,54
	N_{IV} γ_1........	1135,58	1135,64	802,43
	$N_{VI,VII}$........	–	1113,5	$818{,}3_8$
	O_I γ_8........	K 1117,9	$1118{,}2_0$	$814{,}9_4$
	O_{IV} γ_6........	1111,5	1111,58	819,79
L_{III}	M_I l.........	1724,9	$1724{,}8_1$	$528{,}3_3$
	M_{IV} α_2........	1529,78	1529,74	595,70
	M_V α_1........	1518,85	1518,80	599,99
	N_I β_6........	1328,4	1328,09	686,15
	N_{IV} β_{15}.......	–	$1283{,}4_8$	$710{,}0_0$
	N_V β_2........	1281,90	1281,88	710,88
	$N_{VI,VII}$ β'_7	K 1255,3	$1255{,}1_7$	$726{,}0_1$
	O_I β_7......	1261,3	$1261{,}2_3$	$722{,}5_2$
	$O_{IV,V}$ β_5......	1253,2	1252,82	727,37

N. B. — Les nombres de cette colonne sont ceux retenus par Siegbahn dans son Traité ([3]), sauf ceux notés K, qui sont de Kaufman ([4]).

ordre. Ceci m'a permis de calculer les valeurs énergétiques des niveaux O_{II} et O_{III} qui n'étaient pas séparés.

A ma connaissance, le spectre L d'absorption du tantale métallique n'avait pas encore été étudié dans son ensemble.

Cork ([5]) et Nishina ([6]) ont employé l'oxyde; Nishina a donné comme

([3]) *Spektroskopie der Rœntgenstrahlen*, 2te Aufl., 1931.

([4]) *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 385 et p. 613.

([5]) *Phys. Rev.*, 21, 1923, p. 326.

([6]) *Phil. Mag.*, 49, 1925, p. 521.

fréquences d'absorption les fréquences des raies blanches et non, suivant l'usage, celles des discontinuités, qui leur sont inférieures. Semat [7] n'a étudié que L_{III}, quant à sa largeur énergétique et à son déplacement selon l'état chimique.

L'écran absorbant était constitué par de la poudre métallique répartie d'une manière homogène sur une surface convenable de papier adhésif, et d'une épaisseur correspondant à 8 mg/cm². Le fond continu était émis par du Ba sous forme de chlorure, collé par de la gomme-laque sur une anticathode massive en cuivre. La source d'électrons était un filament de molybdène ou une cathode à oxyde.

Spectre L *d'absorption du tantale.*

		λ. u. x. d'après les mesures antérieures.					
		C [5].	N [6].	S [7].	λ. u. x.	$\frac{\nu}{R}$.	$\frac{\Delta\nu}{R}$.
L_{III}	Discontinuité....	1253	(1251,7)	1252,9	1252,58	727,51	0
	Raie blanche.....	–	–	–	1252,02	727,83	0,32
L_{II}	Discontinuité....	1111,8	(1110,2)	–	1111,42	819,91	0
	Raie blanche....	–	–	–	1111,00	820,22	0,31
L_I	Discontinuité....	1058	(1057)	–	$1058,8_2$	$860,6_4$	–

Les discontinuités d'absorption apparaissent ainsi bien contrastées, surtout L_{III} et L_{II}, aussi bien en premier qu'en deuxième ordre. Des raies blanches bien définies accompagnent L_{III} et L_{II}. La crête L_I, quoique moins nette, est cependant mesurable avec une bonne précision, surtout en premier ordre. En accord avec les considérations théoriques, elle est dépourvue de raie blanche.

Le tableau ci-dessus contient le résultat des mesures relatives aux trois crêtes d'absorption et aux deux raies blanches, effectuées par des pointages directs sur les clichés et sur les enregistrements microphotométriques [8]. On remarquera que, comme on le constate en général pour les autres éléments, la différence des fréquences entre les discontinuités L_{II} et L_{III} est, à la précision des mesures près, la même que pour les raies blanches correspondantes.

---

(7) *Phys. Rev.*, 46, 1934, p. 688.

(8) Les enregistrements ont été effectués pour moi par Mme Guilmart sur un microphotomètre de Challonges.

Niveaux caractéristiques du tantale.

L_I	860,12	M_{III}	161,34	N_{III}	29,55	O_I	4,99
L_{II}	819,93	M_{IV}	131,81	N_{IV}	17,51	O_{II}	3,05
L_{III}	727,51	M_V	127,52	N_V	16,71	O_{III}	2,43
M_I	199,18	N_I	41,37	$N_{VI,VII}$ ..	1,52	$O_{IV,V}$ ..	0,14
M_{II}	181,55	N_{II}	34,06				

Les niveaux énergétiques du tantale ont été calculés à partir de la fréquence de la discontinuité d'absorption L_{III} et des fréquences d'émission.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la production de peroxyde d'azote pendant la destruction thermique d'ozone en présence d'azote.* Note de MM. **Daniel Barbier** et **Daniel Chalonge**, présentée par M. Ernest Esclangon.

Au cours d'un travail précédent effectué en collaboration avec Masriera ([1]), nous avons attribué la lueur qui accompagne la destruction thermique de l'ozone à l'excitation de peroxyde d'azote produit pendant la destruction de l'ozone. En outre, au cours des mesures de coefficients d'absorption de l'ozone que nous avons récemment publiées ([2]), nous avons rencontré, lorsque l'ozone est porté à une température suffisamment élevée, une anomalie qui nous a paru pouvoir s'expliquer par la création de peroxyde d'azote concomitante à la destruction de l'ozone en présence d'azote. La série des expériences suivantes, faites à plusieurs reprises, justifie cette conclusion.

1° Un courant d'air comprimé ozonisé par son passage à travers un ozoniseur de Berthelot traversait un tube de pyrex de trois mètres de long chauffé à 280°C. A sa sortie de ce tube, le gaz traversait un réfrigérateur immergé soit dans de la glace carbonique, soit dans de l'oxygène liquide. Lorsqu'on faisait usage d'oxygène liquide, il n'apparaissait aucune trace d'ozone liquéfié, ce qui prouve que ce gaz était complètement détruit par son passage dans le tube chaud. Par contre, après avoir ramené le réfrigérateur à la température ambiante, on constatait qu'il était plein d'un gaz jaune ou rouge, suivant que l'opération avait duré une ou trois heures. Ce

([1]) *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 984.
([2]) *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 650.

gaz a été reconnu spectroscopiquement être du peroxyde d'azote NO^2 ([3]) : en particulier ses coefficients d'absorption étaient proportionnels à ceux publiés par Lambrey et Corbière ([4]).

2° La même expérience a été réalisée sans chauffer le tube de 3^m, le réfrigérateur étant refroidi par de la glace carbonique (susceptible de condenser NO^2 en laissant passer O^3) : aucune condensation n'a été observée, ce qui prouve que le peroxyde d'azote n'est pas produit dans l'ozoniseur, mais que le passage de l'air ozonisé dans le tube chaud est nécessaire à sa formation.

3° On a repris la même expérience en ozonisant de l'oxygène électrolytique, et en lui mélangeant de l'azote à la sortie de l'ozoniseur, avant l'entrée dans le tube chauffé : aucune condensation n'a été observée. Il semble donc que le passage de l'azote dans l'ozoniseur soit également nécessaire à la production de NO^2.

4° Dans un tube de 20^{cm} de long, on a introduit de l'oxygène ozonisé. L'oxygène, provenant d'air liquide, contenait un peu d'azote. Le tube, fermé, a été chauffé à 95° pendant une durée de 1 heure 30 minutes et des spectres ont été pris pour suivre la destruction d'ozone et la production de peroxyde d'azote. Au cours de ces opérations l'épaisseur réduite d'ozone est passée de $1^{cm},96$ à $0^{cm},96$, pendant que l'épaisseur réduite de peroxyde d'azote (sous les conditions normales), évaluée à l'aide des coefficients de Lambrey et Corbière ([4]), passait de 0 à $0^{cm},13$.

Ces expériences sont en accord avec celles signalées à propos de l'étude de la lueur accompagnant la destruction de l'ozone, sauf sur le point suivant : cette lueur semblait ne changer ni d'intensité ni de composition, que l'azote soit mélangé à l'oxygène avant ou après le passage de ce dernier gaz dans l'ozoniseur, ce qui montrerait que, dans les deux cas, il y a formation de NO^2. Il est vrai qu'à l'époque où ce travail a été effectué nous utilisions de l'oxygène provenant d'air liquide et contenant, par suite, toujours un peu d'azote, c'est-à-dire que, dans les deux cas, de l'azote traversait l'ozoniseur. Aussi avons-nous repris l'étude de la lueur accompagnant la destruction d'ozone, mais en produisant ce dernier gaz à partir d'oxygène électrolytique : le résultat est resté le même. Cette

---

([3]) Si l'air comprimé était insuffisamment desséché, on recueillait également une goutte de liquide incolore qui nous a paru être de l'acide azotique.

([4]) *Comptes rendus*, 201, 1935, p. 1334.

particularité demande à être éclaircie : peut-être sera-t-il alors possible de se faire une idée du mécanisme des réactions.

On peut se demander si des phénomènes analogues ne se produisent pas dans la haute atmosphère, qui, ainsi qu'on le pense généralement, se trouve à une température assez haute, au moins + 30°C. vers 50^{km}, altitude à laquelle doivent subsister des traces d'ozone. A. et E. Vassy ont observé précisément [5] une absorption continue faible dont l'aspect rappelle celle du peroxyde d'azote et qui correspondrait à une épaisseur réduite de ce gaz de l'ordre du millimètre. Rappelons encore que Adel et Lampland [6] ont découvert dans l'atmosphère la présence des oxydes d'azote N^2O^5 et N^2O par leur spectre infrarouge.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur l'action de quelques solutions salines sur les arséniates alcalinoterreux.* Note de M. **Henri Guérin**, présentée par M. Paul Lebeau.

Les recherches que nous avons effectuées sur les systèmes



$$As^2O^5 - OX - OH^2,$$

où X = Ca, Sr ou Ba [1], nous ont permis de préciser ce qui concerne la solubilité dans l'eau ou l'hydrolyse des divers arséniates alcalinoterreux; il restait à examiner quantitativement l'action de certaines solutions salines sur ces composés afin de vérifier, en particulier, si, conformément à certaines indications, l'addition de très faibles quantités de sels à l'eau servant à préparer les bouillies arsénicales suffisait à faire passer en solution des quantités notables d'anhydride arsénique [2].

Nous avons utilisé différentes solutions de sels alcalins dont les anions fournissent des sels de calcium solubles : chlorures, azotates, acétates, à des concentrations comprises entre 1/10e de mol-g par litre et, suivant les cas, 2 à 7 mol-g par litre.

L'addition progressive de quelques grammes des divers arséniates

(5) *Journal de Physique*, 10, 1939, p. 459.
(6) *Astr. Journal*, 87, 1938, p. 198.

(1) H. Guérin, *Bull. Soc. Chim. France*, 5e série, 5, 1938, p. 1472; *Ann. Chimie*, 11e série, 16, 1941, p. 101.
(2) J. H. Reedy et Haag, *J. Ind. Eng. Chem.*, 13, 1921, p. 1038.

dans 100^{cm^3} de ces solutions maintenues à environ 17°, nous a permis d'effectuer les observations suivantes :

L'*arséniate monocalcique* se dissout dans ces solutions en subissant une légère hydrolyse. Quand la saturation est atteinte, ce qui se produit avec d'autant moins de sel que la solution initiale est plus concentrée, une nouvelle addition d'arséniate monocalcique entraîne la précipitation d'arséniate alcalin :



$$(AsO^4)^2CaH^4 + 2ClNH^4 = 2AsO^4NH^4H^2 + Cl^2Ca.$$

On peut dissoudre de petites quantités d'*arséniate bicalcique* dans les solutions salines étudiées : par exemple $0^g,7$ de tétrahydrate dans 100^{cm^3} de solution $n/2$ de chlorure d'ammonium. Si l'on poursuit l'addition du sel jusqu'à l'obtention d'une phase solide permanente, on constate que celle-ci n'est généralement pas de l'arséniate bicalcique mais un arséniate double du type $As^2O^5.2OCa.OM^2.nOH^2$ avec $M = NH^4$, K ou Na, ou bien encore, pour certaines solutions diluées, du biarséniate pentacalcique.

Les phases liquides en équilibre ont des compositions variables suivant la concentration initiale en chlorure, azotate etc.

	Solutions de $ClNH^4$.						Solutions de ClK.				
	$4n$.	$3n$.	$2n$.	n.	$n/2$.	$n/10$.	$3n$.	$2n$.	n.	$n/2$.	$n/10$.
As^2O^5 % ...	0,88	0,86	0,85	0,69	0,47	0,30	0,41	0,45	0,44	0,39	0,30
OCa %	0,42	0,41	0,39	0,33	0,24	0,13	0,19	0,20	0,19	0,18	0,14
pH........	6,0	6,2	6,6	6,9	7,0	7,2	6,4	6,8	7,0	7,2	7,4

Les solutions $n/10$ ont des teneurs en As^2O^5 du même ordre de grandeur que celles résultant de l'action de l'eau sur les arséniates bicalciques, mais leurs teneurs en chaux sont plus élevées, la présence du sel alcalin limitant l'hydrolyse.

Si l'on remplace l'arséniate bicalcique par le *biarséniate pentacalcique* ou l'*arséniate tétracalcique*, ces derniers sont décomposés avec production des sels doubles indiqués plus haut.

Dans le cas de l'*arséniate tricalcique*, il y a échange d'ions entre ce sel et la phase liquide :



$$(AsO^4)^2Ca^3 + 2ClK = (AsO^4)^2Ca^2K^2 + Cl^2Ca,$$

jusqu'à ce que la teneur en calcium de celle-ci atteigne une valeur d'autant plus élevée que la solution saline initiale est plus concentrée : 0,059 % Ca pour ClK $n/10$, 0,168 pour ClK $n/2$, 0,600 pour ClK $2n$, les concen-

trations en AsO^4 étant dans tous les cas de l'ordre de 0,025 %, alors que celle de la solution aqueuse de $(AsO^4)^2Ca^3.10\,OH^2$ est d'environ 0,010.

Les arséniates *monostrontique* et *monobarytique* se comportent comme l'arséniate monocalcique.

L'*arséniate bistrontique*, qui décompose les solutions des sels de potassium et de sodium avec formation d'arséniates doubles, est soluble en présence de sels d'ammonium.

Lorsqu'on ajoute de l'*arséniate tristrontique* aux solutions des sels de sodium ou de potassium, un échange d'ions entre ce composé et le sel alcalin dissous conduit aux mêmes sels doubles. Avec les sels d'ammonium cet échange ne se manifeste que si l'on opère en milieu suffisamment concentré ($>2n$ pour $ClNH^4$) : il se forme alors l'arséniate double de strontium et d'ammonium; à des concentrations plus faibles il y a simple dissolution.

Les *arséniates bi- et tribarytiques* sont légèrement solubles dans les solutions des sels d'ammonium et de potassium; ce n'est qu'avec les sels de sodium que nous avons isolé un arséniate double.

Nous indiquons ci-dessous l'ordre de grandeur des solubilités des arséniates de strontium bi- et tribasiques dans certaines des solutions étudiées, en les exprimant en grammes de sel anhydre dans 100^{cm^3} de solution.

Solution.			
Sel dissous.	Concentration (g dans 100^{cm^3} sol.).	Sel étudié.	Solubilité (g/100^{cm^3}).
$ClNH^4$..........	21,4 ($4n$)	Ars. bistront.	2,25
»	10,7 ($2n$)	»	1,85
»	5,3 (n)	»	1,27
»	0,53 ($n/10$)	»	0,58
NO^3NH^4........	16,0 ($2n$)	»	1,43
$C^2H^3O^2NH^4$.....	15,4 ($2n$)	»	1,50
$ClNH^4$..........	10,7 ($2n$)	Ars. tristront.	1,60
»	0,53 ($n/10$)	»	0,33
$ClNH^4$..........	10,6 ($2n$)	Ars. bibaryt.	0,55
ClK............	14,9 ($2n$)	»	0,33
$C^2H^3O^2NH^4$.....	15,4 ($2n$)	»	0,42
$ClNH^4$..........	21,4 ($4n$)	Ars. tribaryt.	0,81
»	10,6 ($2n$)	»	0,60
ClK............	14,9 ($2n$)	»	0,045
NO^3NH^4........	56,0 ($7n$)	»	2,75
$C^2H^3O^2NH^4$.....	15,4 ($2n$)	»	0,57

En résumé, l'addition des arséniates de calcium dans diverses solutions salines donne lieu à des réactions variées : double décomposition, échange d'ions, hydrolyse et très rarement à un phénomène de simple solubilité. Les arséniates de strontium, relativement solubles dans les solutions des sels d'ammonium, tendent également à donner des sels doubles, tandis que pour les arséniates de baryum la solubilité est la règle et l'échange d'ions l'exception.

C'est à cette formation de sels doubles qu'est due, comme nous l'avions admis antérieurement ([3]), l'impossibilité, dans certains cas, de préparer par double décomposition des arséniates alcalinoterreux parfaitement purs.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un nouveau mode de β-chloroéthylation.* Note ([1]) de M. **Léonce Bert.**

Gilman et Beaber ont découvert une nouvelle méthode de β-chloroéthylation dans l'action du *p*-toluènesulfonate de β-chloroéthyle sur les combinaisons organomagnésiennes mixtes ([2]).

Leur réactif s'obtient en condensant le *p*-toluènesulfochlorure, sous-produit peu coûteux de l'industrie de la saccharine, avec la monochlorhydrine du glycol. Le produit commercial n'est jamais pur. Une purification grossière, que nous proposons comme suffisante en l'espèce, consiste à en dissoudre le plus possible dans le benzène, à rejeter la couche inférieure et à chasser le solvant de l'autre couche. Cette opération, pour simple qu'elle soit, ne laisse pas d'élever le prix du *p*-toluènesulfochlorure, à tel point qu'il devient préférable, et c'est l'objet de cette Note, de le remplacer par le benzènesulfochlorure bidistillé fourni par les usines de l'I. G. à très bon marché ([3]).

Le benzènesulfochlorure joint à l'avantage d'un poids moléculaire moindre, celui, non négligeable, d'être liquide à la température ordinaire et, de ce fait, plus maniable que le *p*-toluènesulfochlorure, solide à odeur forte, désagréable et tenace.

Voici l'essentiel de notre nouveau mode de β-chloroéthylation :

([3]) M. Guérin, *Contribution à l'étude des arséniates alcalinoterreux* (*Thèse de doctorat ès sciences*, Paris, 1937).

([1]) Séance du 8 décembre 1941.

([2]) H. Gilmann et N. J. Beaber, *Am. Chem. Soc.*, 45, 1923, p. 839.

([3]) Ce qu'explique le bas prix des matières premières : benzène et chlorhydrine sulfurique SO^3HCl.

I. *Réactif, benzènesulfonate de choroéthyle* $C^6H^5SO^3CH^2CH^2Cl$. — N'ayant pas trouvé mention de ce produit dans la littérature chimique, nous avons fait mettre sa préparation au point, en 1938, par notre élève G. Tratapel, qui a étudié l'influence, sur le rendement, de la concentration, de la température et du temps.

Il convient d'opérer comme suit :

On chauffe à 150°, pendant trois heures, au réfrigérant à reflux, un mélange de deux molécules de monochlorhydrine du glycol sèche et d'une molécule de benzènesulfochlorure bidistillé commercial.

On récupère, à la rectification, les deux réactifs non combinés, qui servent à nouveau, et l'on obtient, avec un rendement de 73 %, le benzènesulfonate de β-chloroéthyle attendu, engendré par la réaction



$$C^6H^5SO^2Cl + HOH^2C\,CH^2Cl = C^6H^5SO^3CH^2CH^2Cl + ClH.$$

Le benzènesulfonate de β-chloroéthyle se présente sous la forme d'une huile incolore, à odeur faible, non désagréable, insoluble dans l'eau, soluble dans l'éther, pour laquelle : $Éb_{15}$ 192°; d_4^{20} 1,331 ; n_D^{20} 1,535.

II. *Préparation des dérivés* $R\,CH^2CH^2Cl$. — On condense le benzènesulfonate de β-chloroéthyle, au sein de l'éther anhydre, avec la combinaison organomagnésienne mixte R Mg X convenable. Il se produit la double décomposition



$$R\,MgX + C^6H^5SO^3CH^2CH^2Cl = RCH^2CH^2Cl + C^6H^5SO^3MgX.$$

Le mode opératoire est celui des auteurs américains précités.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur le magnésien du chlorhydrate de pinène et les acides camphane-carboniques.* Note [1] de MM. **Gustave Vavon** et **Charles Rivière**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'acide camphane-carbonique, obtenu par action de CO^2 sur le magnésien du chlorhydrate de pinène, a été étudié par de nombreux chimistes [2]. Les

(1) Séance du 15 décembre 1941.

(2) Zelinsky, *Ber. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 4418; Houben, *Ber. d. chem. Ges.*, 35, 1902, p. 3696; 38, 1905, p. 3799; Barbier et Grignard, *Bull. Soc. Chim.*, 15, 1914, p. 26; Bousset et Mlle Vaugin, *Bull. Soc. Chim.*, 47, 1930, p. 986; Rupe, *Helv. Chem. Acta*, 11, 1928, p. 1180; Bode, *Ber. d. chem. Ges.*, 70, 1937, p. 1176; Ikeda, *Chem. Zentr.*, 1, 1928, p. 50.

résultats obtenus dans ces divers travaux sont peu concordants, aussi avons-nous repris cette étude.

Théoriquement, il peut exister deux acides camphane-carboniques, suivant que CO^2H est du même côté de l'hexagone que le pont, ou du côté opposé; chacun d'eux peut se présenter sous forme droite et gauche. Ces deux acides $R—CO^2H$ et $R'—CO^2H$ correspondent aux bornéol et isobornéol R—OH et R'—OH.

La carbonatation totale du magnésien conduit à un mélange, à parties sensiblement égales, des deux isomères.

En partant d'un chlorhydrate droit (α-pinène d'Alep), F 126°, $[\alpha]_{578} + 35°,7$ (*c* 0,10 dans l'alcool), on obtient un acide dont le pouvoir rotatoire ne varie que légèrement d'une expérience à l'autre, entre —12° et —16°.

Par carbonatation partielle, on obtient au contraire un pouvoir rotatoire variant beaucoup en fonction du volume fixé, comme le montre le tableau suivant, où figurent le pourcentage de CO^2 fixé, les pouvoirs rotatoires de l'acide correspondant, et dans la dernière colonne celui, pour λ 578, de l'acide formé entre deux mesures successives (c'est-à-dire : $\Delta(x \times [\alpha])/\Delta x$, où x représente la fraction carbonatée).

CO^2 fixé.	$[\alpha]_{578}$.	$[\alpha]_{436}$.				$[\alpha]_{578}$.
%	°	°			%	°
7	+11,90	+26,80	0	à	7	+11,90
13	+11,85	+26,75	7	à	13	+11,79
25	+11	+24	13	à	25	+10,08
36	+10,50	+23,3	25	à	36	+ 9,35
41,5	+ 5,90	+14	36	à	41,5	—24,10
51	+ 0,20	+ 2,15	41,5	à	51	—24,70
62	— 4,80	— 7,2	51	à	62	—26,10
69	— 7	—12,75	62	à	69	—26,5
80	—11	—10,50	69	à	80	—36,5
100	—16,50	—30,35	80	à	100	—38,5

Le graphique de Darmois, appliqué aux différentes valeurs de $[\alpha]_{578}$ et $[\alpha]_{436}$ des acides obtenus, donne un faisceau de droites concourantes et montre que ces acides sont des mélanges à proportions variables de deux constituants, l'un droit l'autre gauche.

Nous avons pu isoler ces deux isomères.

Acide droit. — Nous l'avons d'abord préparé par carbonatation partielle (25 %) et purification du produit obtenu par cristallisations successives jusqu'à pouvoir rotatoire constant. Nous avons constaté ensuite que le

magnésien s'isomérise complètement, quand on ajoute du toluène, chasse l'éther et maintient vers 110° pendant 2 à 3 heures : par carbonatation totale il donne uniquement l'acide droit dont le pouvoir rotatoire est (*c* 0,09 dans le toluène)

$$[\alpha]_{578} + 11°,9; \quad [\alpha]_{546} + 13°,9; \quad [\alpha]_{436} + 27°.$$

Ce corps fond mal entre 73° et 79°. Nous avons réussi à isoler deux formes cristallines; des prismes F 81°,5-82°,5 et des aiguilles F 74°,5-76°. Nous poursuivons l'étude de ces deux variétés.

Acide gauche. — Après de nombreux essais, nous avons trouvé dans le bromure d'allyle un réactif qui agit sélectivement sur le magnésien et dans le même sens que CO^2, en donnant l'allyle-camphane.

On fait réagir 40 à 50 % de bromure d'allyle et l'on carbonate le magnésien résiduel. L'acide formé est fortement gauche $[\alpha]_{578}$ —32°. Par 4 ou 5 cristallisations dans le toluène on arrive au produit pur qui fond nettement à 76°,5—77° $[\alpha]_{578}$ —45°,1; $[\alpha]_{546}$ —50°; $[\alpha]_{436}$ —89° (*c* 0,10 dans le toluène).

Composition du magnésien. — Par addition de dioxane on précipite la forme simple (70 %) tandis que la forme double reste en solution (30 %). Or la carbonatation partielle de cette solution n'est plus sélective, et l'acide obtenu est toujours un mélange à parties sensiblement égales des deux isomères. C'est d'ailleurs là la composition de l'acide total fait sur le magnésien primitif.

Le magnésien est donc constitué par les deux formes simples R—MgCl et R'—MgCl, à parties sensiblement égales, soit 35 % pour chacune, et par la forme double 30 %, qui contient, elle aussi, les deux radicaux R et R' à égalité.

La dernière colonne du tableau ci-dessus montre de plus que CO^2 se fixe sélectivement, d'abord sur R—MgCl qui donne l'acide droit. Ensuite la sélectivité est moins nette; toutefois CO^2 se fixe plus lentement sur R'—MgCl que sur la forme double.

GÉOLOGIE. — *Sur l'âge des couches à lignites de Saint-Lon (Landes).* Note de M. **Fernand Daguin** et Mlle **Geneviève Delpey**, présentée par M. Charles Jacob.

Au centre de la grande boucle de l'Adour, au Sud-Sud-Ouest de Dax, se trouve la localité de Saint-Lon, au voisinage de laquelle ont été exploités

sporadiquement depuis la première moitié du XIXe siècle des gîtes de lignites.

L'âge de ces lignites a été, et reste, discuté. Si les premiers auteurs, J. Delbos et A. Leymerie, ont tenu en particulier pour un âge aptien ou cénomanien, par contre la Feuille géologique d'Orthez au 80000e ne distingue plus les terrains à lignites de Saint-Lon, et toutes les formations au voisinage du village sont rangées dans le Bartonien ou le Miocène.

Le regretté P. Dubalen, Conservateur du Musée de Mont-de-Marsan, a retrouvé à Saint-Lon quelques éléments de la faune signalée à l'origine par J. Delbos. Il la rangeait encore dans l'Aptien. Toutefois P. Viennot rapporte que, d'après un renseignement fourni par H. Douvillé, le gisement pourrait être cénomanien et aurait fourni, sans doute à P. W. Stuart-Menteath, *Orbitolina concava*.

Avec M. de la Source, Ingénieur du Génie rural, et plus récemment avec M. Dupanloup, l'un de nous (F. D.) a eu l'occasion de recueillir de nouveaux fossiles dans les délaissés des anciennes exploitations de Saint-Lon. En y joignant les récoltes de P. Dubalen conservées au Musée de Mont-de-Marsan, on y retrouve de nombreux Lamellibranches correspondant plus ou moins à la faune signalée par Delbos, parmi lesquels *Cardium hillanum*. En outre, avec un joli lot d'*Exogyra flabellata*, une nouveauté, au moins jusqu'ici, pour le Sud-Ouest du Bassin d'Aquitaine, réside dans la trouvaille de Gastropodes que l'un de nous (G. D.) croit pouvoir indiscutablement rapporter à *Glauconia Curetti Repelin*, du Cénomanien de Mondragon, dans la basse vallée du Rhône.

En définitive, l'âge des lignites de Saint-Lon nous paraît incontestablement cénomanien, et cette attribution est d'autant plus à remarquer que le même Cénomanien, dans la ride de Tercis, située un peu plus au Nord, est franchement marin avec des calcaires à *Caprina adversa*, *Toucasia lævigata*, *Sphærulites Fleuriausi*, *Alveolina cretacea* etc., nombreux fossiles significatifs signalés par Arnaud et Seunes.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur les propriétés de l'aimantation thermorémanente des terres cuites.* Note de M. **Émile Thellier** présentée par M. Charles Maurain.

Les terres cuites acquièrent par refroidissement dans un champ magnétique une aimantation permanente, dite thermorémanente; par réchauffement, cette aimantation disparaît. L'acquisition et la perte

d'aimantation obéissent à des lois simples et d'un caractère général, même lorsqu'on étudie un corps de composition minéralogique aussi complexe qu'une brique ordinaire. Je vais donner, comme exemple, les résultats d'une série d'expériences vérifiant l'une de ces lois et montrant quelles sont la fidélité et la précision des faits récemment acquis dans ce domaine.

Une brique ordinaire, C5, d'abord désaimantée par réchauffement à 670° [1], est refroidie, jusqu'à la température ordinaire, dans le champ magnétique terrestre où elle a été placée *de champ*, horizontalement, sa longueur dirigée suivant le méridien magnétique. Elle présente alors, à 20°, un moment magnétique thermorémanent dont les composantes X, Y, Z, respectivement perpendiculaires aux faces $11 \times 6^{\text{cm}}$, $22 \times 11^{\text{cm}}$ et $22 \times 6^{\text{cm}}$, sont :

$X_0 = 0{,}342$ u.e.m., due à la composante horizontale, 0,164 gauss, du champ terrestre;
$Y_0 = 0$;
$Z_0 = 0{,}890$ u.e.m., due à la composante verticale, 0,422 gauss, du champ terrestre (champ dans le laboratoire).

Cette brique est ensuite soumise à une succession de réchauffements à des températures t croissantes, suivis de refroidissements jusqu'à la température ordinaire, dans une position nouvelle qui restera la même pendant tous les réchauffements : *à plat* et la longueur encore parallèle au méridien magnétique. Il en résulte que les refroidissements ont lieu maintenant : dans le champ 0,422 gauss suivant Y, en champ nul suivant Z et dans le champ initial 0,164 gauss suivant X. On mesure chaque fois les composantes du moment magnétique après retour à 20°. Plusieurs expériences se trouvent ainsi effectuées en même temps :

1° Sur la composante Z on suit la disparition progressive de l'aimantation Z_0 de la brique sous l'effet de réchauffements suivis de refroidissements en *champ magnétique nul.*

2° Sur la composante Y on suit l'aimantation progressive du même corps, par refroidissement dans le champ 0,422 gauss depuis la température t, de plus en plus élevée, jusqu'à 20°.

3° L'étude de la composante X, enfin, permet de suivre l'effet résultant d'une désaimantation par réchauffement à t suivi d'un refroidissement dans un champ analogue au champ ayant provoqué l'aimantation initiale, ici 0,164 gauss.

---

[1] E. THELLIER, *Ann. de l'Institut de Physique du Globe*, Paris, 16, 1938, pp. 157-302 (voir § 60).

Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau qui suit, où les valeurs des composantes du moment, exprimées en u.e.m., sont multipliées par 10^3; les tirets correspondent à des valeurs faibles dont la mesure n'est pas précise.

t°.	45°.	60°.	80°.	100°.	127°.	150°.	175°.	213°.	250°.	303°.	353°.
Z.....	874	849	800	726	638	587	545	467	450	425	391
Y.....	–	–	–	160	233	310	343	417	430	450	490
X.....	332	334	340	338	343	338	335	342	338	344	342
t°.	403°.	452°.	454°.	483°.	523°.	547°.	559°.	573°.	585°.	615°.	670°.
Z.....	342	300	298	262	150	–	–	–	0	0	0
Y.....	534	575	575	600	740	827	843	870	879	883	878
X.....	342	340	341	344	356	351	337	356	352	357	349

1° Le moment magnétique final, $Z = 0$, $Y = 0{,}880$ u.e.m., $X = 0{,}350$ u.e.m., environ, dû au refroidissement dans le champ terrestre depuis 670° (ou même 580° ici) jusqu'à 20°, est pratiquement égal au moment initial (Z et Y intervertis), acquis dans les mêmes conditions, malgré le nombre important des réchauffements subis dans l'intervalle. La brique étudiée n'est donc pas modifiée minéralogiquement, au moins dans ses constituants magnétiques, par ces réchauffements. D'autres essais ont montré que, dans ces conditions, les valeurs X, Y, Z sont bien définies pour t donné; elles ne dépendent pas des réchauffements à température inférieure ou égale à t.

2° La somme $Z + Y$ est pratiquement constante et égale à Z_0; la diminution $Z_0 - Z$ de l'aimantation Z_0, due initialement au champ 0,422 gauss, est donc égale à l'aimantation Y acquise dans ce champ. Ce fait me paraît correspondre à une propriété générale qu'on peut énoncer ainsi : *une terre cuite, minéralogiquement stable, d'abord aimantée par réchauffement à* 670° *et refroidissement jusqu'à la température ordinaire dans un champ* H *faible, présente, après une succession de réchauffements à des températures quelconques* ([2]) *bornées supérieurement par la température t, suivis de refroidissements en champ nul, une diminution de son aimantation initiale égale à l'aimantation qu'elle prendrait par refroidissement dans le champ* H *depuis t jusqu'à la température ordinaire.*

3° La composante X est constante; c'est un fait complémentaire du

([2]) Pour des températures peu différentes de la température ordinaire, cette propriété a déjà été étudiée (E. Thellier et Mme O. Thellier, *Comptes rendus*, 213, 1941, p. 59).

précédent : suivant X le réchauffement réduit l'aimantation initiale due au champ 0,164 gauss et le refroidissement dans le même champ qui fournit une aimantation égale à la perte et dirigée comme le moment initial, rétablit ce moment.

4° La courbe de désaimantation $Z = f(t)$, ou, ce qui revient au même, la courbe exactement complémentaire de Y, présente des arcs successifs, nets, en relation avec les constituants magnétiques de la terre cuite. L'établissement de cette courbe peut constituer une nouvelle méthode d'analyse thermomagnétique qui ne fait pas double emploi avec celle de G. Chaudron et de ses élèves, dans laquelle l'aimantation thermorémanente, seule étudiée ici, ne se présente que comme un accident à éliminer ([3]).

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la formation et la répartition des faciès vaseux dans les estuaires.* Note ([1]) de M. Louis Glangeaud.

Dans un estuaire, les grains supérieurs à 200^{μ} se déplacent principalement par roulement. Le dépôt des éléments les plus gros dépend donc surtout de la variation des vitesses sur le fond. Les vases sont formées par les éléments plus petits que 100^{μ} transportés en suspension ([2]). Nous allons montrer que ce sont aussi des phénomènes hydrodynamiques qui jouent le rôle dominant dans la répartition et le dépôt des vases pour les estuaires de grandes dimensions, arrivant près de la maturité (Loire, Elbe, Weser), ou déjà mûres (Gironde et Mersey).

I. *Sur un profil transversal.* — *a. Dans les chenaux.* — Nous avons constaté, à la fois par dragages et par l'étude des sondages au son, aimablement communiqués par les ports de Bordeaux et Nantes, l'existence de dépôts de vase dans l'axe même des chenaux de la Gironde, entre le Bec d'Ambès et Talais et dans ceux de la Loire, vers Donges et Paimbœuf. Ces chenaux ne découvrent pas à marée basse et leur axe correspond sensiblement au maximum de vitesse en surface. On ne peut donc faire intervenir ici ni le phénomène de colmatage entre deux marées, ni une diminution locale de la vitesse.

([3]) A. Michel, *Ann. de Chimie*, 2e série, 8, 1937, p. 317.

([1]) Séance du 15 décembre 1941.

([2]) L. Glangeaud, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1595.

Nous avons expliqué ce dépôt par l'existence d'un *échange tourbillonnaire* négatif (*Austauch*) qui se produit de haut en bas dans l'axe même du chenal ([3]). Il est d'autant plus marqué que l'estuaire, présentant une embouchure plus rétrécie, offre, vers sa partie médiane, ce que j'ai nommé le *bouchon vaseux*.

b. Sur les bancs médians, découverts à marée basse, les petites cuvettes, existant entre les rides sableuses dans la zone du bouchon vaseux, laissent déposer, pendant leur isolement, les troubles en suspension dans l'eau. Quand la marée remonte, une partie de la vase de ces cuvettes reste en dépôt, car elle se trouve protégée par les rides sableuses. Il se forme ainsi de petites lentilles de vase fine, qui sont peu à peu recouvertes par le sable plus grossier formant les rides qui les encadrent (banc de Bilho dans la Loire).

c. Sur les berges et les bancs latéraux intercotidaux, le dépôt et le colmatage des vases se produit suivant un mécanisme décrit, dans son ensemble, par de nombreux auteurs. La diminution de vitesse de l'eau au cours du jusant provoque, sur les bords où le courant est ralenti, le dépôt d'une couche fluide de vase. Cette pellicule vaseuse, exposée à l'air, adhère plus ou moins fortement à la couche déposée au cours de la marée précédente. Quand le flot remonte, la vitesse limite nécessaire pour remettre en suspension cette vase, est supérieure à la vitesse limite de dépôt. Quand les marées sont à coefficients décroissants et qu'il n'y a ni crues, ni marées tempêtes, la couche de vase molle laissée sur les bords au cours de la descente du jusant ne peut être ainsi que partiellement remise en suspension par le flot.

La différence entre les vitesses limites d'érosion et de dépôt d'un sédiment dépend de plusieurs facteurs : *a.* d'un facteur de *frottement*, important surtout pour les graviers et les galets; *b.* d'un facteur *d'encastrement* lié à la courbe granulométrique du sédiment et intervenant par la diminution de la surface d'attaque du grain ; *c.* des *attractions interfaciales* qui augmentent avec la finesse du dépôt. M. Bourcart ([4]) a particulièrement insisté sur le colmatage des rives, qui fait ainsi intervenir toute une série d'actions complexes, mais qui dépend, en premier lieu, de la différence existant entre les vitesses limites de dépôt et d'érosion.

([3]) L. Glangeaud, *B. S. G. F.*, 5e série, 8, 1938, pp. 599-631; *Revue Géogr. physique et Géol. dynamique*, 11, IV, 1938, pp. 333-336-349.

([4]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 758.

d. Sur les rives, l'eau des inondations abandonnée dans les cuvettes, laisse, par décantation, des vases et limons, dont la composition granulométrique correspond à celle des troubles transportés en suspension.

II. *Suivant un profil longitudinal*, les phénomènes varient en fonction de la distance à la mer, qui modifie aussi bien les facteurs hydrodynamiques (amplitude et durée de la marée, vitesse des courants) que les facteurs physicochimiques (pH, salinité etc.). Dans cette variation longitudinale, les phénomènes de floculation par l'eau de mer, liés au pH et à la salinité, n'ont, ainsi que nous l'avons montré ([5]) qu'une importance secondaire dans la sédimentation. Dans l'estuaire de la Seine, MM. Bourcart ([6]) et Rajčević ([7]) ont remarqué que l'agrégation des particules se produisait déjà dans l'eau douce du fleuve. Nous avons observé un phénomène analogue dans la Garonne fluviatile et la Loire, principalement au moment des crues. Les agrégats et floculats, déjà formés, sont maintenus en suspension par la turbulence de l'estuaire exactement comme les grains de sable ayant la même vitesse de chute.

Les matières en suspension, *quelle que soit leur nature*, sont stockées en un *bouchon vaseux* par suite du décalage entre les ondes liquides des marées et les ondes de troubles. Ce sont les variations longitudinales de la turbulence et des échanges tourbillonnaires, au cours des marées, étudiés en détail par ailleurs ([8]), qui permettent ainsi d'expliquer la formation du *bouchon vaseux*.

La matière organique ne joue qu'un rôle secondaire. Son adjonction à une vase n'augmente la vitesse de sédimentation en eau immobile que de 4 % au maximum. *La quantité du carbone organique dosé dans les vases des estuaires dépasse rarement* 5 %, et une moyenne calculée sur 220 échantillons, provenant de 11 estuaires français et étrangers, est de 2,54 %.

Ces observations et beaucoup d'autres montrent qu'il existe non seulement des *corrélations*, mais aussi une *hiérarchie* entre les facteurs hydrodynamiques, physiques, chimiques, géographiques et géologiques intervenant dans les dépôts.

([5]) L. Glangeaud, *loc. cit.*, 1938, pp. 611-614.

([6]) *C. R. Soc. géol. France*, n° 6, 1939, p. 73.

([7]) *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 760.

([8]) L. Glangeaud et Mme Bonichon, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1072; L. Glangeaud, *Congrès international de l'Union géodésique*, Washington, 1939, p. 12, 6 fig.

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur le mécanisme de la sédimentation des vases dans les estuaires*. Note de MM. **Jacques Bourcart**, **Claude Francis-Bœuf** et **Bogdan Rajčević**.

Les géologues et les géographes ont constaté depuis très longtemps que les estuaires des fleuves, à l'exception de ceux des mers sans marée, étaient comblés par des dépôts fins, très homogènes. Ceux-ci ont reçu le nom, soit de vases, soit d'argiles, suivant la théorie adoptée pour les expliquer.

1. Une première théorie fait appel aux seules lois de l'érosion, du transport et du dépôt dans un courant fluvial. Partout où la surface rocheuse du bassin d'un fleuve est attaquée par l'érosion, elle serait réduite en fragments de plus en plus usés, c'est-à-dire de plus en plus fins, suivant la distance de transport : blocs, galets, sables et, enfin, particules microscopiques ou submicroscopiques constituant les argiles ou vases. L'un de nous (J. B.) (1) a montré que cette filiation, entre les particules de dimensions décroissantes, n'était pas admissible : la très grande majorité des grains de sable ne provenant pas de blocs, et l'essentiel des constituants des vases n'étant pas l'ultime produit de l'érosion.

2. La seconde théorie admet que l'envasement des estuaires est dû à la pénétration des eaux marines, solution d'électrolytes, qui floculerait les particules très fines et colloïdales de la charge transportée par le fleuve dans son bas cours. Mais B. Rajčević (2) et C. Francis-Bœuf (3) ont montré que, dans un estuaire, il faut distinguer une zone où la marée se traduit par des variations physicochimiques du milieu, et une zone située plus en amont où la marée n'est qu'un phénomène dynamique. Dans ces deux zones cependant, il se dépose de la vase.

3. Très récemment, L. Glangeaud (4) semble admettre que le dépôt de la charge vaseuse se fait sous l'influence active des tourbillons qui, du fait de l'accroissement d'énergie produite dans les estuaires par le phénomène de la marée, y prédominent par rapport à toute autre partie du cours fluvial.

Dans plusieurs Notes antérieures, nous avons tenté de serrer de près le mécanisme de cette sédimentation tout en déterminant la nature et les propriétés physicochimiques de la substance complexe qui, en se déposant, deviendra la vase. Il nous paraît utile, actuellement, de préciser l'idée que nous nous faisons du mécanisme même de ce dépôt de vases dans les estuaires.

---

(1) J. Bourcart, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1941 (*sous presse*).
(2) *Comptes rendus*, 208, 1939, pp. 760-762.
(3) *Comptes rendus*, 208, 1939, pp. 916-918 et 212, 1941, pp. 619-621.
(4) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1941 (*sous presse*).

Nous avions montré (⁵) que toutes les vases (estuaires, étangs, mares, bras morts etc.) n'étaient pas des argiles au sens minéralogique et chimique. Elles sont constituées par un squelette minéral pulvérulent et un *liant* analogue à l'humus des sols cultivables, associé à des gels de fer (hydroxydes ou sulfures). Une microfaune et une microflore sont jointes à ce complexe (Diatomées, Flagellés, Bactéries etc.) et des restes d'animaux planctoniques : Foraminifères, Coccolites, Silicoflagellés etc., interviennent pour caractériser les vases qui, finalement, peuvent être considérées comme un *ensemble* jouissant de propriétés physiques, chimiques et biologiques bien définies.

Cette vase se dépose essentiellement sur les rives des estuaires ou sur les bancs de sable qui peuvent exister dans les chenaux. L'étendue des vases, dans le profil transversal, est variable. Elles peuvent n'occuper qu'une certaine partie des berges : schorre émergée et slikke submergée, le chenal restant sableux. Dans d'autres cas, les slikkes se rejoignent et le chenal lui-même est alors vaseux.

La puissance des dépôts, ainsi accumulés, peut être très grande (plus de 20^{m} sur la Seine à Tancarville) et leur surface toujours considérable.

Il ne semble pas que l'existence de systèmes tourbillonnaires à axes verticaux puisse expliquer la généralité de cette sédimentation. L'envasement, par seule gravité, ne nous paraît pas plus une explication suffisante. En effet, l'étude du débit solide, capté dans les estuaires, nous a montré qu'il était, en très grande partie, composé de fins granules de l'ordre du μ, de particules lamelleuses (micas, phyllites) et d'éléments dont la densité est, soit très voisine de celle de l'eau, soit plus faible. Les grains de sable, apportés par le flot, ou emmenés par le jusant, sont, le plus souvent, transportés en flottaison, soit seuls, soit associés avec la précédente catégorie de particules. Ces différentes phases peuvent évidemment se grouper en gros ou petits flocons; la densité de ces flocons est toujours très voisine de celle de l'eau, en sorte qu'ils flottent généralement entre deux eaux. Il semble qu'il n'y ait possibilité de sédimentation par gravité qu'au voisinage des étales de haute mer et de basse mer, bien qu'encore le renversement des courants se fasse très rapidement.

La théorie physicochimique rend compte, évidemment, des causes

---

(⁵) J. BOURCART, *Comptes rendus*, 208, 1939, pp. 758-760; 209, 1939, pp. 542-544; J. BOURCART et C. FRANCIS-BOEUF, *Comptes rendus*, 209, 1939, pp. 568-570; C. FRANCIS-BOEUF, *Rev. géogr. phys. géol. dyn.*, 11, 1938, pp. 399-438.

initiales de la formation des flocons, c'est-à-dire de la prédominance des forces d'attraction entre les particules sur les forces de répulsion. Le liant des vases est un colloïde lyophile et amphotère dont la coagulation a lieu au voisinage du point isoélectrique. J. C. Vlès et C. Francis-Bœuf ont trouvé que ce point était atteint pour une concentration en ions hydrogène très proche de celle des eaux de l'estuaire (cas du Bou-Regreg). Mais les flocons qui se forment ainsi sont très légers et ils ne peuvent se sédimenter qu'en milieu tout à fait calme; le plus faible degré de turbulence, qui existe toujours dans l'estuaire, suffit à les maintenir en suspension.

Le flot refoule donc, jusqu'à un certain point de l'estuaire, ces flocons, les particules non encore agrégées et les éléments du plancton; puis le jusant les entraîne vers le large jusqu'à ce qu'un nouveau flot les refoule encore. C'est cette masse qui constitue le *bouchon vaseux* dont a parlé L. Glangeaud ([6]) pour la Garonne. Une partie s'en sédimente; mais les apports venant du large et de l'amont compensent cette perte.

La sédimentation de cette suspension ne peut se faire que si toute turbulence cesse, c'est-à-dire aux moments des étales. Elle peut aussi avoir lieu, comme l'ont montré J. Laurent ([7]) et L. Glangeaud ([6]), au centre de tourbillons à axes verticaux. Mais l'essentiel de la sédimentation sur les rives se fait, selon nous, quand la tranche d'eau est nulle ou très faible. L'eau abandonne les rives, c'est-à-dire la slikke, dont la pente est très faible, avec une vitesse très lente. A ce moment les phénomènes d'attraction capillaire jouent le rôle principal et les particules, les flocons ou l'écume se collent à la surface de la slikke. C'est à ce type de sédimentation, qui domine pendant tout le jusant, qu'on donne, en général, le nom de *colmatage*, qualification qui ne rend pas compte du mécanisme. Les berges vaseuses peuvent donc s'accroître vers le chenal jusqu'au moment où la puissance érosive du jusant devient suffisante : elles deviennent alors convexes.

Le chenal est très rarement vaseux, le plus souvent sableux, voire caillouteux. Si la tranche d'eau peut y descendre aux environs d'un mètre, pendant plusieurs heures, ce qui est le cas pour les estuaires à courant fluvial très faible, comme les rivières bretonnes ou le Bou-Regreg, le chenal peut s'envaser, tant par accroissement des berges, que par sédi-

---

([6]) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, 1938, pp. 599-631.

([7]) *Contribution à l'application des lois de similitude aux essais sur modèles réduits d'hydraulique fluviale. Thèse*, in-4°, Paris, 1940.

mentation par gravité et, ceci, jusqu'à sa disparition. Par ces processus variés, la vase tend donc à colmater les estuaires : 1° *sans que les électrolytes y jouent un rôle prédominant;* 2° *essentiellement le long des rives et plus rarement dans le chenal;* 3° *ce type de sédimentation n'est possible que grâce à la marée,* qui permet l'apport bi-quotidien de grandes quantités de suspensions, et aussi l'existence de lieux de vitesses nulles par suite de son caractère périodique.

BIOLOGIE VÉGÉTALE APPLIQUÉE. — *Sécrétions par les racines du Lin d'une substance spécifique toxique pour une nouvelle culture de cette plante.* Note de M. **Paul Becquerel** et Mlle **J. Rousseau**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans la culture du Lin il y a une difficulté que les agriculteurs n'ont pas réussi à surmonter, c'est d'obtenir une récolte normale de Lin sur un sol qui vient de porter cette plante, et cela malgré les façons aratoires appropriées, une excellente fumure et les engrais nécessaires pour remplacer les éléments minéraux enlevés par la première végétation. Si l'on veut cultiver dans le même sol du Lin, il faut attendre huit à dix ans et quelquefois plus que la terre soit reposée. Or quelle est la cause de cette fatigue du sol, et, celle-ci étant connue, comment pourrait-on y remédier? Ce serait un grand progrès pour l'extension des cultures de cette plante industrielle. Dans nos recherches nous avons supposé qu'il s'agissait d'une intoxication du sol par les racines du Lin. Comme il est impossible d'isoler les sécrétions des racines dans la terre, milieu trop complexe envahi par les microorganismes, nous avons appliqué la méthode bactériologique des cultures pures aseptiques, dont s'était déjà servi M. Marin Molliard dans son travail sur les sécrétions toxiques des racines du Pois [1]. Nous avons stérilisé des graines de Lin de Riga et nous les avons mises à germer sur du coton hydrophile aseptique dans une boîte de Pétri stérilisée, puis nous avons transporté chaque plantule aseptique dès que sa racine avait atteint 10^{mm}, dans un tube de culture stérilisé rempli de 25^{cm^3} d'eau distillée et fermé par un bouchon d'ouate. La jeune plantule, maintenue par un tampon d'ouate au-dessus de l'eau, continuait sa croissance à l'abri des germes. Au bout d'une dizaine de

---

[1] *Bull. Soc. Bot. fr.*, 60, 1913, pp. 442-446.

jours nous retirions la plantule de son tube et nous obtenions ainsi un tube d'eau distillée contaminée par la sécrétion de sa racine, prêt à une nouvelle culture. Pour connaître l'action de cette sécrétion, nous n'avions qu'à faire croître, dans la même eau, une nouvelle plantule dont la racine avait à ses débuts 10^{mm}. La mesure de l'allongement de la racine, comparée avec celui d'une racine d'une plantule de même âge dans un tube témoin contenant seulement de l'eau distillée, permettait de constater si la sécrétion de l'ancienne plantule retirée était nuisible ou favorable à la croissance.

Dans une première série d'expériences avec vingt tubes de culture, dix témoins et dix possédant la sécrétion d'une jeune racine pendant 10 jours, nous avons obtenu les résultats suivants :

Alors *qu'après douze jours, les racines des tubes témoins s'étaient, en moyenne, allongées dans l'eau distillée de* 121^{mm}, *les racines dans l'eau distillée contenant la sécrétion d'une racine antérieure avaient grandi de* 90^{mm}.

La sécrétion des racines avait donc eu une action légèrement toxique sur la croissance des racines des nouvelles cultures.

Pour être bien certains de l'activité de cette sécrétion, nous avons institué une seconde série d'expériences où l'eau distillée en contenait des doses croissantes. Quatre groupes de quatre tubes chacun, avec 25^{cm^3} de liquide, avaient été préparés : 1° un groupe de tubes de cultures témoins à eau distillée seule; 2° un groupe à eau distillée contaminée par la sécrétion d'une seule racine; 3° un groupe avec les sécrétions de 100 racines. Enfin, le 4° groupe avec les sécrétions de 1000 racines.

Le temps de sécrétion de ces jeunes racines avait été de 15 jours dans un volume d'eau de 100^{cm^3} pour chaque lot. Dans chaque tube stérilisé furent transportées de nouvelles plantules aseptiques dont les racines avaient toutes 10^{mm}.

Après 12 jours, nous obtenions les résultats suivants :

L'élongation des racines dans les tubes témoins avait été, en moyenne, de 149^{mm}, *alors que dans les autres, elle fut de* 111^{mm} *pour la sécrétion d'une racine, de* 85^{mm} *pour celles de* 100 *racines et* 45^{mm} *pour* 1000 *racines.* Nous nous attendions pour ce groupe à un arrêt complet. Mais en raison du nombre de racines, il doit y avoir eu un phénomène antagoniste soit de fixation, soit de diminution de la sécrétion de chaque racine. Quoi qu'il en soit, voulant nous rendre compte si la vie ou la mort de la racine augmentait ou libérait une plus grande dose de substance toxique, nous avons accompli de nouvelles expériences.

Quatre lots de 4 tubes chaque, avec 25$^{cm^3}$ d'eau distillée, furent stérilisés : un lot témoin à eau distillée seule, un deuxième avec des tubes ayant les sécrétions de 100 racines de jeunes plantules pendant 15 jours dans 100$^{cm^3}$ d'eau distillée; un troisième lot de tubes avec les sécrétions de 100 racines plus âgées pendant 45 jours, enfin un quatrième lot avec les sécrétions de 100 racines pendant 45 jours, puis tuées par le chauffage à 90°C. et retirées après.

Les jeunes plantules ayant des radicules de 10^{mm} apportées sur ces milieux donnèrent, après 45 jours, les allongements moyens suivants : 500^{mm} *dans les cultures témoins*, 162^{mm} *avec les sécrétions des racines vivantes* et 21^{mm} *avec les sécrétions des racines* pendant leur vie et après leur mort.

Ces résultats sont significatifs. *Les racines tuées par la chaleur ont abandonné dans le milieu davantage de substances toxiques.*

C'est ce qui se passe après l'arrachage du lin quand meurent les radicelles restées dans le sol. Enfin, une autre question importante restait à résoudre. Cette sécrétion toxique pour une nouvelle culture de Lin, l'est-elle aussi pour des cultures d'autres plantes ?

Dans l'eau distillée contenant les sécrétions de 100 racines de Lin pendant quinze jours, nous avons fait croître des plantules aseptiques de Blé, d'Orge, de Colza, de Luzerne, de Maïs, de Lupin, de Pois, de Fève. Au bout de quinze jours, nous n'avons pas constaté de différence de croissance de leurs racines avec celles des cultures témoins dans l'eau distillée seule. *La substance sécrétée par les racines du Lin n'est donc toxique que pour une nouvelle culture des plantes de son espèce.* Ce résultat est d'ailleurs confirmé par la pratique agricole où, après une récolte de Lin, on peut cultiver dans le même sol, sans nuire à leur rendement, des Céréales ou des Légumineuses.

Nous avons réussi à neutraliser cette substance toxique spécifique, que nous avons appelée la linéine, et déterminé sa nature chimique.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La nicotinamide dans les tissus du fœtus humain.* Note (¹) de M. **André Lwoff**, Mlle **Madeleine Morel** et M. **Louis Digonnet**, présentée par M. Émile Roubaud.

Après avoir constaté que le lait de la Femme renferme moins de 0^{mg},1 de

(¹) Séance du 1 décembre 1941.

nicotinamide pour 100^{cm^3}, E. Kodicek (²) a envisagé ainsi le problème du besoin du Nourrisson : « Comme l'enfant a besoin d'acide nicotinique pour ses coenzymes, il serait intéressant de savoir s'il naît avec une grande réserve d'acide nicotinique, ou s'il peut le synthétiser ». Nous apportons des documents qui permettent de répondre par la négative à la première de ces deux hypothèses.

Nous avons examiné trois fœtus de 700, 1820 et 3100^g. Pour les deux premiers, la cause de l'avortement n'a pas été déterminée. Le troisième est mort d'accident mécanique au cours d'une extraction par le siège. Les organes, préalablement pesés, ont été broyés avec du sable de Fontainebleau en présence d'acide chlorhydrique pur, à raison de 5^{cm^3} pour 1^g de cerveau, 1^{cm^3} pour les autres organes. Après addition d'eau bidistillée à raison de 95 ou de 99^{cm^3} par gramme, on porte les liquides obtenus une heure à 130° en tubes scellés. On filtre sur filtre sans cendres. On prélève une partie du liquide qu'on neutralise et qu'on amène à une dilution déterminée, 1 pour 2000 pour le foie, 1 pour 500 à 1 pour 1000 pour les autres organes. S'il se produit un précipité, on l'élimine par centrifugation. Le liquide clair ainsi obtenu est stérilisé à l'autoclave (une heure à 120°) et ajouté ensuite au milieu de culture pour *Proteus* à raison de 1^{cm^3} pour 9^{cm^3} de milieu. Les résultats de nos dosages sont consignés dans le tableau ci-dessous.

La nicotinamide dans les organes du fœtus humain
(en mg pour 100^g de tissu frais).

	Fœtus de			
	5 mois (700^g).	6,5 mois (1820^g).	9 mois (a) (3100^g).	Moyenne.
Foie	5,8	5,2	3,7	4,9
Rein	3,85	3,5	4,0	3,8
Cœur	4,65	5,35	4,85	5,0
Muscle	2,85	1,65	3,2	2,6
Cerveau	–	2,1	2,6	2,35
Estomac	–	–	3,3	–
Intestin grêle	–	–	3,1	–
Thyroïde	–	–	2,5	–
Peau	–	–	2,0	–
Cartilage (épiphyse fémorale)	–	–	0,97	–
Os (diaphyse fémorale avec moelle osseuse)	–	–	1,3	–

(a) Mort d'accident mécanique au cours d'une extraction par le siège.

(²) *Biochemical Journal*, 34, 1940, p. 724.

On ne connaît pas encore la teneur en nicotinamide des tissus de l'Homme, mais on peut utilement comparer les valeurs trouvées pour le fœtus à celles des Mammifères en général, qui sont à peu près les mêmes pour toutes les espèces étudiées jusqu'ici : Porc, Bœuf, Mouton, Lapin etc. Ces valeurs sont les suivantes :

	Foie.	Rein.	Muscle strié.	Cœur.
pour 100^{g} de tissu frais	17	7	4,5	5,5 mg

Ces chiffres correspondent à des animaux préalablement saignés. La teneur relativement faible des organes du fœtus peut tenir en partie à la présence d'une certaine proportion de sang, tissu pauvre en nicotinamide : 0^{mg},8 pour 100$^{cm^3}$ en moyenne chez l'Homme.

Il ressort cependant nettement des chiffres trouvés que les tissus du fœtus humain sont très pauvres en nicotinamide. Un seul organe fait exception, le muscle cardiaque, dont la teneur en nicotinamide peut être considérée comme correspondant à celle du Mammifère adulte. Le muscle cardiaque, notons-le, est le seul muscle du fœtus qui travaille.

L'hypothèse peut être envisagée que les fœtus étaient issus de mères carencées. Mais on connaît la propriété des embryons de « faire leur plein » aux dépens de leur mère, et l'on peut, semble-t-il, conclure que, non seulement le fœtus ne renferme pas de réserves de nicotinamide, mais encore que ses tissus, exception faite pour le cœur, sont beaucoup plus pauvres en amide nicotinique que ceux de l'adulte.

L'embryon de l'Homme n'accumule donc pas de nicotinamide au cours de son développement intra-utérin.

IMMUNOLOGIE. — *Les protéines des sérums humains et les immunisines antimorbilleuses.* Note de M. **Henri Bonnet** et Mme **Odette Leau**, présentée par M. Gustave Roussy.

On sait que, par sa méthode à l'acétone, M. Piettre [1] extrait du sérum sanguin les diverses protéines qu'il dénomme sérum-globuline, sérum-albumine et myxo-protéine; il a montré également que les anticorps sont fixés sur l'une ou sur l'autre de ces protéines. Nous avons recherché dans quelle fraction se trouvaient les immunisines antimorbilleuses. Pour cela,

---

[1] *Biochimie des Protéines*, Paris, 1937.

dans une première série d'expériences, nous traitons par l'acétone du sérum de convalescent de rougeole déjà éprouvé et reconnu riche en immunisines. Après précipitation des protéines totales, on sépare la sérum-globuline par floculation au moyen de l'acide chlorhydrique dilué; reprise par l'eau distillée, neutralisée à la soude, rendue isotonique par addition de chlorure de sodium à 8,5 $^{0}/_{00}$, additionnée d'une solution de quinosol à 1 pour 10 pour la rendre aseptique, la sérum-globuline se présente comme un liquide légèrement opalescent, assez épais, de teinte jaunâtre. Le volume terminal en est égal à la moitié du volume initial du sérum.

Cette solution de sérum-globuline a été injectée à trois enfants en période d'incubation de rougeole, le jour ou le lendemain de leur contamination, aux doses suivantes : 4^{cm^3} pour un enfant de 4 ans, 6^{cm^3} pour un enfant de 7 ans, 4^{cm^3} pour un enfant de 4 ans, c'est-à-dire la moitié de la dose de sérum de convalescent qu'il eût fallu utiliser. L'un des enfants n'a pas eu la maladie, un autre a eu une rougeole normale, le troisième n'a pu être retrouvé. Eût-il été préservé que, néanmoins, un seul échec nous montre que les immunisines présentes dans le sérum de convalescent ne se sont pas retrouvées, ou tout au moins ne se sont retrouvées qu'en partie dans la sérum-globuline que nous avons extraite.

Le reste des protéines du sérum de convalescent, comprenant sérum-albumine et myxo-protéine, est ensuite traité par l'acétone pour en éliminer la myxo-protéine; la sérum-albumine, desséchée en fines paillettes, est redissoute dans l'eau distillée; cette solution, ramenée à l'isotonie et aseptisée comme il a été dit pour la sérum-globuline, se présente comme un liquide parfaitement limpide, de teinte jaunâtre. Le volume est ramené à la moitié du volume du sérum initial. Nous avons injecté cette solution à trois enfants en incubation de rougeole, le lendemain ou le surlendemain de leur contamination, aux doses suivantes : 4^{cm^3} pour un enfant de 4 ans, 3^{cm^3} pour un enfant de 2 ans et demi, $2^{cm^3},5$ pour un enfant de 18 mois; chez tous nous avons obtenu une prévention totale.

De ces premières expériences nous pouvons donc conclure que par la méthode à l'acétone on peut extraire, du sérum de convalescents, les immunisines antimorbilleuses; elles accompagnent surtout la fraction dite sérum-albumine. Cependant la sérum-globuline paraît en conserver une partie, moins active.

Nous avons ensuite recherché ces mêmes immunisines dans le sérum d'anciens rougeoleux. La sérum-globuline, mise en solution sous un volume égal au 1/3 du volume primitif du sérum, a été injectée à 5 enfants, le lende-

main ou le surlendemain de leur contamination, à des doses représentant le 1/3 du volume de sérum qu'il eût fallu leur injecter. Trois de ces enfants ont été préservés, un a eu une rougeole normale, un une rougeole compliquée de bronchite et de mastoïdite. Nous retrouvons là les mêmes échecs qu'avec la sérum-globuline extraite du sérum des convalescents, et la même conclusion s'impose, que les immunisines ne se retrouvent qu'en partie dans cette sérum-globuline.

Enfin, dans une dernière série d'expériences, nous avons utilisé la sérum-albumine extraite, par la méthode à l'acétone, du sérum d'anciens rougeoleux et ramenée à un volume égal au cinquième du volume initial du sérum. Injectée à 3 enfants, au 1er ou au 2e jour de la contamination, à des doses correspondant au 1/5 du sérum total, elle a donné dans les trois cas une séro-prévention absolue. Là encore, comme dans nos premiers essais, c'est donc la fraction du sérum dite sérum-albumine qui paraît être le support des immunisines antimorbilleuses.

De nos expériences nous pouvons donc conclure que :

par la méthode à l'acétone, la fraction du sérum dite sérum-albumine contient la plus grande partie des immunisines antimorbilleuses;

la sérum-globuline en contient une quantité beaucoup plus faible;

l'extraction de la sérum-albumine permet de concentrer les immunisines sous un faible volume, et d'utiliser pour la prévention de la rougeole, en partant du sérum d'anciens rougeoleux, des quantités égales ou légèrement inférieures à celles du sérum de convalescents.

La séance est levée à 15h45m.

A. Lx.

ERRATA.

—

(Séance du 10 novembre 1941.)

Note de M. *Jean Roche* et Mme *Raphaële Martin-Poggi*, Sur les rôles de la vitamine C et de la phosphatase dans la formation de la substance osseuse au niveau des cals de fracture :

Page 670, lignes 6 et 7, *au lieu de* elles n'interviennent plus, *lire* il n'intervient plus....

(Séance du 17 novembre 1941.)

Note de M. *René Retel*, Sur l'emploi de l'alcool éthylique dans les moteurs à injection directe avec allumage commandé :

Page 685, ligne 4, *au lieu de* 75°, *lire* 95°.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de novembre 1941.

Collection nationale. *Zénobe Gramme*, par Jean Pelseneer. Bruxelles, Office de publicité, 1941; 1 fasc. 20^{cm}.

Hydraulique générale. Tome I, par Léopold Escande. Toulouse, Édouard Privat, 1941; 1 vol. 24^{cm} (présenté par M. Ch. Camichel).

Les déséquilibres oxybiotiques en Biologie. Rôle des lipides, par Emanuel Revici. Nice, Imprimerie du Sud-Est, 1941; 1 fasc. 24^{cm}.

Une page d'histoire des sciences, 1661-1669. — *Vingt-deux lettres inédites d'André de Graindorge à P. D. Huet*, par Léon Tolmer. Caen, Imprimerie Ch. Le Tendre, 1941; 1 fasc. 25^{cm}.

Les sols de la France d'Outre-Mer, par Georges Aubert, in *Collection de monographies et mises au point publiées par les Stations et Laboratoires de recherches agronomiques sous la direction de A. Demolon, inspecteur général*. Paris, Imprimerie nationale, 1941; 1 vol. $27^{cm},5$.

FIN DU TOME DEUX-CENT-TREIZIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES ALPHABÉTIQUES.

JUILLET — DÉCEMBRE **1941**.

TABLE DES MATIÈRES DU TOME 213.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

A

B

D

E

F

G

H

I

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

Z

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

A

B

C

D

E

M

N

P



TABLE DES AUTEURS.

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Y

Z

116389 Paris. — Imp. GAUTHIER-VILLARS, 55, quai des Grands-Augustins.